VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

АКАДЕМИЯ НАУК СССР



Alfred Wegener

DIE ENTSTEHUNG DER KONTINENTE UND OZEANE

Альфред Вегенер

ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОНТИНЕНТОВ И ОКЕАНОВ

Издание подготовили

П. С. ВОРОНОВ

чл.-кор. АН СССР П. Н. КРОПОТКИН

Перевод

П. Г. КАМИНСКОГО, В. З. МАХЛИНА

Ответственный редактор

чл.-кор. АН СССР П. Н. КРОПОТКИН

ЛЕНИНГРАД
«НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1984

СЕРИЯ «КЛАССИКИ НАУКИ»

Серия основана академиком *С. И. Вавиловым*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Б. Н. Делоне, *И. Е. Дзялошинский* (заместитель председателя), *А. Ю. Шилинский*, *П. Л. Капица* (председатель), *С. П. Капица, Б. М. Кедров, И. Л. Кнунянц, А. Н. Колмогоров, С. Р. Микулинский*, *А. А. Михайлов*, *Л. С. Полак, Я. А. Смородинский*, *В. А. Энгельгардт*, *А. Л. Яншин*

УДК 52

Вегенер Альфред. **Происхождение континентов и океанов.** — Л.: Наука, 1984.— 285 с.

Книга немецкого ученого А. Л. Вегенера, появившаяся в начале текущего столетия, ознаменовала переворот в геологической науке. Его смелая гипотеза о перемещении континентов имела большое значение для дальнейшего развития геологии. Предлагаемый перевод, выполненный с последнего немецкого авторизованного издания и снабженный подробными комментариями и статьей об авторе и его теории, является наиболее полным научным изданием книги на русском языке.

Книга рассчитана на лиц, интересующихся вопросами геологического развития нашей планеты.

РЕЦЕНЗЕНТ

А. Н. Храмов

В $\frac{1904010000-732}{042(02)-84}$ 182-84—IV

© Издательство «Наука», 1984 г.

ОТ СОСТАВИТЕЛЕЙ

Настоящая книга представляет собой перевод с четвертого — последнего прижизненного — издания труда замечательного немецкого ученого профессора Альфреда Лотара Вегенера «Происхождение континентов и океанов», изданного в 1929 г. в Брауншвейге в Германии.

До этого одноименная книга А. Вегенера первый раз издавалась в Германии в 1915 г., второй раз — в 1920 г., а третий — в 1922 г. На русском языке она выходила лишь дважды: первый раз в 1922 г. в Берлине и второй раз она была выпущена в свет в Москве и Ленинграде в 1925 г. в серии «Современные проблемы естествознания» в переводе М. Мирчинк, под редакцией Г. Ф. Мирчинка тиражом 4000 экз. Таким образом, в нашей стране эта книга давно уже стала библиографической редкостью и, если учитывать ее несомненную непреходящую научную ценность, конечно же, остро нуждалась в новом переиздании, тем более что четвертый вариант книги на немецком языке значительно отличался от перевода, опубликованного в 1925 г. и сделанного с третьего, менее полного и совершенного, варианта книги.

Оригинальность и исключительная новизна для своего времени книги А. Вегенера заключалась прежде всего в том, что этот исследователь дал первую геолого-геофизическую интерпретацию гипсографической кривой земного рельефа, постулировал на этой основе наличие в литосфере Земли двух типов земной коры (материкового и океанического), а главное допустил и научно обосновал на обширном фактическом геологическом материале возможность больших горизонтальных перемещений материковых плит по поверхности нашей планеты.

Предпринимая новый перевод этой книги, составители, естественно, стремились сделать его наиболее точно отражающим содержание немецкого оригинала. Кроме того, необходимо было считаться и с тем, что за те полвека, которые отделяют нас от издания немецкого оригинала, геология успела уйти далеко вперед и собрала значительное количество но-

вых данных. Это обстоятельство компенсируется в данном издании примечаниями к тексту, а также комментариями научного редактора. Кроме того, перевод сопровождается очерком одного из составителей, в котором приводятся краткие биографические сведения о А. Вегенере, история развития его концепции за истекшие полвека, разбираются главные критические замечания против нее, а также рассматривается общее современное состояние идеи о значительных горизонтальных перемещениях крупных литосферных плит по поверхности Земли.

Учитывая, что книга А. Вегенера представляет значительный интерес не только для геологов и геофизиков, но и для широкого круга читателей, содержание упомянутого выше очерка изложено достаточно популярно и, кроме того, сопровождается списком опубликованных в СССР статей и книг, в ряде которых в развитие идей А. Вегенера о возможности крупных горизонтальных перемещений литосферных плит предлагались оригинальные мобилистские реконструкции.

Альфред Вегенер

ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОНТИНЕНТОВ И ОКЕАНОВ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 12

Глава первая: Предварительные замечания по истории вопроса 14

Возникновение теории дрейфа. Характеристика настоящего издания. Предшествующие издания

Глава вторая: Сущность теории дрейфа (перемещения) материков и ее отношение к господствовавшим до сих пор представлениям об изменениях поверхности Земли в течение геологического времени 17

Бывшие материковые связи. — Гипотеза о затонувших промежуточных материках. — Теория контракции. — Масштабы горообразования. — Радиоактивное образование тепла. — Мелководное происхождение морских отложений. — Вытеснение воды промежуточными материками. — Изостазия. — Послеледниковое поднятие Фенноскандии. — Теория перманентности. — Теория дрейфа материков

Глава третья: Геодезические аргументы 36

Продолжительность геологических периодов. — Ожидаемые перемещения в настоящее время. — Указания на изменение долготы Гренландии по наблюдениям Луны. — Доказательство перемещения Гренландии посредством радиотелеграфного определения долготы. — Разность долгот Северной Америки и Европы.[1] — Изменение долготы Мадагаскара. — Изменение широт

Глава четвертая: Геофизические аргументы 45

Два максимума частоты распределения высот. — Толкование этого распределения. — Другие попытки истолкования. — Сложность истолкования некоторых особенностей дна глубоких морей. — Гравитационные измерения. — Толкование этих измерений по Пратту и по Эри. — Современное поднятие Скандинавии и распределение силы тяжести. — Скачок скорости сейсмических волн на глубине 60 км. — Отсутствие границы сейсмических слоев под Тихим океаном. — Скорость сейсмических поверхностных волн в океанической и материковой областях. — Другие сейсмические различия между континентом и океаном. — Геомагнитные указания на повышенное содержание железа в породах дна океанов. — Вулканические породы по результатам драгирования в глубоких морях. Сима и сиаль. — Материал главных слоев Земли. — Последовательность слоев — гранит, базальт, дунит. — Коэффициент вязкости Земли. — Приблизительные оценки Швейдара, Джеффриса, Меерманна. — Слой с оптимальными условиями плавления материала. — Гранитные расплавы.

[1] Сравните приложение на с. 201, 202.

Избыточное радиоактивное теплообразование под материками. — Геотермические градиенты в Европе и Америке. — Подкоровые течения. — Конвекционные течения

Глава пятая: Геологические аргументы 68

Ширина Атлантического океана. — Капские горы и Сьерра Буэнос-Айреса. — Сходство эруптивных серий в Южной Америке и Африке. — Сходство осадочных отложений. — Азимуты простирания в Бразилии и Африке. — Геологическое сравнение по Дю Тойту. — Доказательство прежнего близкого расположения и фациальные различия. — Дополнительные свидетельства. — Горы Атласа.* — Острова в Атлантическом океане. — Большие Антиллы. — Каменноугольная складчатость в Европе. — Ее продолжение в Северной Америке. — Каледонская складчатость. — Альгонкская складчатость.** — Границы четвертичного материкового оледенения. — Значение частных совпадений. — Гренландия. — Ньюфаундленд. — Исландия. — Срединно-Атлантический вал. — Мадагаскар. — Индостан. — Гималаи. — Побочные явления при их сближении. — Концепция Аргана. — Общее строение Южной Америки и Африки по Аргану. — Доказательства, вытекающие из тоннажа складок, по Аргану. — Связь Индостана с Австралией. — Складчатость Восточной Австралии и Новой Зеландии. — Карта глубин вблизи Новой Гвинеи. — Распределение вулканизма. — Проверка теории дрейфа на Зондском архипелаге по Смит Сибингу. — Связь Австралии с Антарктидой. — Огненная Земля и Земля Грейама как пример перемещения материков. — Резюме Аргана

Глава шестая: Палеонтологические и биологические аргументы 102

Уточнение постановки вопроса. — Указания на прежние материковые связи между Бразилией и Африкой. — То же самое — между Северной Америкой и Европой. — Примеры. — Оценка связей по фон Убицу. — Места нереста угрей. — Флора Гренландии и Земли Гриннелля. — Флора островов Атлантического океана. — Лемурия и Гондвана. — Животный мир Австралии. — Новая Зеландия. — Тихий океан. — Тихоокеанские острова. — Общее распространение цветковых растений по Ирмшеру. — Распространение хвойных по Коху и Штудту. — Распространение дождевых червей по Михаэльсену

Глава седьмая: Палеоклиматические аргументы 122

Исследования Кёппена и Вегенера. — Современная климатическая система. — Высота снежной границы. — Морены как свидетели климата. — Угли. — Соль, гипс, песчаники пустыни. — Морские известняки. — Растительный мир. — Животный мир. — Изменение климата Европы с третичного времени. — Изменение климата Шпицбергена. — Противоположное изменение климата в Южной Африке. — Перемещение полюсов. — Прежние, неудачные попытки объяснения перемещением. — Устранение затруднений по теории дрейфа материков. — Пермокарбоновое оледенение южных материков. — Невозможность объяснения оледенения при современном расположении материков. — Псевдогляциальные образования. — Тиллит Сквантум. — Расположение следов льда по теории дрейфа. — Главный пояс распространения каменноугольных углей в карбоне. — Обоснование тропического происхождения углей по Потонье. — Возражения. — Необходимость теории дрейфа для объяснения пояса распространения углей. — Пермские угли на моренах Гондваны. — Засушливые области в карбоне и перми. — Последующие периоды

Глава восьмая: Основные выводы о дрейфе континентов и миграции полюсов 144

Определение понятия дрейфа континентов. — Уравновешенное континентальное перемещение. — Определение понятия миграции полюсов. — Абсолют-

---

* Северо-западная часть Африки. — *Примеч. пер.*

** Альгонская складчатость явилась переломом или регенерацией (umbruch — по терминологии немецких геологов; Штилле, 1958), которая произошла после карельского тектогенеза и привела в позднем докембрии к возникновению новых геосинклинальных поясов. — *Примеч. пер.*

ная миграция полюса. — Доказательства современной миграции полюса. — Определение понятия перемещения земной коры. — Указания на общее перемещение коры на запад. — Указания на частичное перемещение коры к экватору. — Указание на перемещение коры, вытекающее из распределения силы тяжести. — Внутреннее смещение осей, мнения по этому поводу. — Теоретическое рассмотрение вопроса. — Критерии, вытекающие из распределения силы тяжести. — Указания на внутренние перемещения осей, основанные на смене трансгрессий. — Проверка для всей Земли за время от девона до перми. — Проверка для Европы за время, прошедшее с карбона. — Астрономические перемещения оси. — 40 000-летний период изменения наклона эклиптики. — Изменение климата на полюсах в ходе истории Земли. — Истолкование этого явления как следствия изменения наклона эклиптики

Глава девятая: Движущие силы 161

Индуктивный и дедуктивный пути исследования. — Движение от полюсов. — Полюсобежная сила. — Опыт Лейли для демонстрации силы, смещающей материки от полюсов к экватору. — Несостоятельность объяснения горообразования действием полюсобежной силы. — Приливно-отливное трение. — Сила перемещения на запад по Швейдару. — Силы, обусловленные отклонениями от эллипсоида вращения. — Течения масс при внутреннем смещении оси. — Увлекающие конвекционные течения в симе. — Идентичность сил перемещения континентов и горообразующих сил

Глава десятая: Дополнительные замечания относительно сиалической геосферы 171

Границы сиалических глыб. — Роль отложений. — Трансгрессии. — Их возможные причины. — Складчатость. — Кулисообразные и нормальные складки. — Раскалывание. — Восточно-Африканские разломы. — Отток материала в частях глыб. — Образование фьордов. — Подводные устья рек. — Островные дуги Восточной Азии. — Возникновение островных дуг. — Скольжение краевых цепей. — Возникший при землетрясении сдвиг у Сан-Франциско. — Индокитай. — Строение атлантического и тихоокеанского побережий. — Вулканизм. — Первоначальное состояние сиалического покрова

Глава одиннадцатая: Дополнительные замечания относительно дна глубоких морей 192

Средние глубины океанов. — Возникновение различий глубин вследствие температуры. — Равнинные участки глубоководного дна. — Материал Средне-Атлантического вала. — Базальт и дунит. — Явления течений на глубоководном дне. — Глубоководные желоба

Приложение к третьей главе: Доказательства перемещения Северной Америки, вытекающие из новых определений долготы 201

Литература 203

ПРЕДИСЛОВИЕ

До сих пор еще не все исследователи в полной мере осознали тот факт, что для раскрытия тайны былого облика нашей планеты должны внести свой вклад все науки о Земле и что истина может быть установлена только путем объединения данных всех отраслей знания.

Так, например, известный южно-африканский геолог Дю Тойт совсем недавно писал [78]: «Однако, как уже было сказано, наиболее основательными являются геологические доказательства вероятности этой гипотезы (дрейфа континентов). Данные о распространении животных здесь не имеют значения, ибо их с таким же успехом, хотя и менее гладко, можно объяснить с позиций ортодоксальных воззрений, согласно которым предполагается существование сухопутных связей, позднее затонувших в океане».

Палеонтолог фон Игеринг [122], напротив, выразился коротко и ясно: «Не моя задача заботиться о геофизических процессах». Он «убежден, что только история жизни на Земле позволит понять произошедшие географические изменения».

Я и сам в минуты слабости написал как-то о теории дрейфа [121]: «Тем не менее я верю, что окончательное решение проблемы может дать лишь геофизика, так как только она располагает достаточно точными методами. Если бы геофизики пришли к выводу, что гипотеза дрейфа неверна, то и исследователи в области систематических наук о Земле должны были бы отказаться от нее, несмотря на все говорящие в ее пользу доводы, а для фактов пришлось бы искать другое объяснение».

Такие суждения, которые дадут каждому исследователю основание считать свою область знания наиболее или абсолютно компетентной в решении предмета спора, вероятно, будут быстро множиться.

Но положение вещей, очевидно, иное. Земля в каждый определенный отрезок времени могла иметь только один-единственный облик. Прямых сведений о нем она не дает. Мы стоим перед ней как судья перед обвиняемым, который не дает никаких показаний, и наша задача — выяснить истину на основании косвенных улик. Все существенные доказательства, которыми мы располагаем, спорны. Что можно сказать о судье, выносящем свой приговор только на основании части имеющихся улик?

Только путем синтеза всех наук о Земле мы можем отыскать «истину»,

т. е. восстановить ту картину, которая наилучшим образом представит нам совокупность известных фактов и поэтому сможет претендовать на наибольшую вероятность, но и тогда мы должны постоянно помнить, что каждое новое открытие, к какой бы отрасли науки оно ни принадлежало, может изменить сделанные нами выводы.

Это убеждение служило мне поддержкой, когда при новой переработке данной книги я падал духом. Поскольку один ученый просто не может чего-то не упустить в той надвигающейся лавине литературы о теории дрейфа, которая появилась в различных отраслях науки, постольку в настоящей книге, несмотря на все приложенные усилия, обнаруживаются многочисленные и порой значительные пробелы в изложении материала. Но и тем, чего мне удалось достигнуть, я обязан только чрезвычайно обширному материалу, присланному мне учеными всех областей науки, имеющими отношение к данному вопросу, и я особенно им благодарен.

Книга равным образом обращена к геодезистам, геофизикам, геологам, палеонтологам, зоо- и фитогеографам, а также к палеоклиматологам. Книга ставит своей целью не только дать исследователям, работающим в этих областях науки, приближенное представление о роли и применении теории перемещения в их узкой области, но прежде всего сориентировать их, каким образом эта теория подтверждается фактами в других областях знания.

Все интересное об истории этой книги, которая одновременно является историей теории дрейфа, читатель найдет в первой главе.

Уже во время корректуры книги появились напечатанные в приложении (куда отсылается читатель) сведения о перемещении Северной Америки, подтвержденные выполненным в 1927 г. новым определением долгот.

Грац, ноябрь 1928 г. *Альфред Вегенер*

Глава первая

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО ИСТОРИИ ВОПРОСА

Предыстория создания этой книги небезынтересна. Впервые идея дрейфа континентов возникла у меня еще в 1910 г. при рассмотрении карты Мира в связи с непосредственным впечатлением о совпадении очертаний береговых линий по обеим сторонам Атлантики. Однако я ей вначале не придал значения, считая невероятной. Осенью 1911 г. в одном случайно попавшемся мне сборнике докладов я познакомился с неизвестными мне до этого палеонтологическими данными о существовавшей ранее материковой связи между Бразилией и Африкой. Это побудило меня просмотреть, вначале поверхностно, имеющиеся по этому вопросу результаты исследований в геологической и палеонтологической областях. Сразу же выявились такие важные факты, которые укрепили во мне веру в принципиальной правильности постановки вопроса.

6 января 1912 г. я впервые выдвинул эту идею в Геологическом обществе Франкфурта-на-Майне, сделав доклад под названием «Образование крупных форм земной коры (материки и океаны) по геофизическим данным». За этим докладом 10 января последовал второй — «Горизонтальные перемещения материков», прочитанный в Обществе поощрения естественных наук в Марбурге. В том же 1912 г. вышли в свет обе первые публикации [1, 2]. Дальнейшей разработке теории помешали вначале мое участие в Гренландской экспедиции, которой руководил И. П. Кох в 1912/13 гг., а затем — военная служба. Однако в 1915 г. я смог использовать длительный отпуск по болезни на то, чтобы дать более подробное изложение теории под тем же названием, что и у этой книги, в сборнике, опубликованном Фивегом [3]. Когда по окончании войны в 1920 г. потребовалось второе издание, издательство любезно согласилось перенести эту работу из сборника Фивега в сборник «Наука», благодаря чему появилась возможность значительно ее переработать. В 1922 г. вышло в свет третье издание, значительно исправленное.* Оно было выпущено необычно большим тиражом, что дало мне возможность

* Перевод этого издания, выполненный М. Ф. Мирчинк под редакцией Г. Ф. Мирчинка, был выпущен Государственным издательством в 1925 г. — *Примеч. пер.*

заниматься несколько лет другими делами. За это время книга снова полностью разошлась. С этого издания был сделан ряд переводов, а именно: два — на русский и по одному — на английский, французский, испанский и шведский языки. В последний, вышедший в 1926 г., я внес в немецкий текст некоторые изменения.

Четвертое издание немецкого оригинала снова значительно переработано и, пожалуй, даже по сравнению с предшествующим приобрело несколько иной характер. Когда шла работа над предыдущим изданием, уже появилась обширная литература по вопросу перемещения материков, и ее необходимо было принять во внимание. Эта литература, однако, ограничивалась главным образом положительными или отрицательными высказываниями и приведением отдельных наблюдений, подтверждающих или опровергающих правильность гипотезы. С 1922 г. обсуждение этих вопросов в различных отраслях науки о Земле не только чрезвычайно возросло, но даже частично изменило свой характер, так как во все большем объеме теория стала использоваться как основа для дальнейших обширных исследований. К этому следует добавить недавно полученное точное доказательство современного перемещения Гренландии, благодаря которому дискуссия в целом многими людьми ведется на совершенно другой основе. Поэтому если предыдущие издания в основном содержали лишь представление о самой гипотезе и освещали отдельные факты, подтверждающие ее правильность, то настоящее издание представляет собой уже переходную форму между простым изложением теории и сведениями об исследованиях новых отраслей науки.

Уже на первом этапе изучения этого вопроса, а также время от времени при дальнейшей его разработке я часто наталкивался на подтверждение моих собственных представлений в работах предшествующих авторов. Еще Грин в 1857 г. упоминал о «сегментах земной коры, плавающих на жидком ядре» [63]. Многие авторы, как, например, Леффельгольц фон Кольберг [4], Крейхгауер [5], Эванс и другие, говорили о вращении всей земной коры, части которой, однако, не изменяют при этом своего взаимоположения. Г. Веттштейн написал книгу [6], в которой наряду со многими нелепостями встречаются также и предположения о больших горизонтальных относительных перемещениях материков. По его мнению, материки, шельфы которых он, однако, не принимает во внимание, не только перемещаются, но и деформируются; все они направляются на запад, влекомые приливными силами Солнца в вязкой массе земного ядра. Это утверждает также Е. Г. Л. Шварц [7]. Но и у него океаны — это погрузившиеся материки, а о так называемых географических гомологиях и других проблемах облика Земли он высказывает фантастические предположения, которых мы не касаемся. Пикеринг также в своей работе [8], подобно автору, исходил из совпадения южно-атлантических берегов, высказывая предположение, что Америка оторвалась от Европы—Африки и была перемещена на расстояние, равное ширине Атлантического океана. Однако он не учитывал, что в действительности можно предположить существование более ранней связи между двумя континентами в течение их геологической истории, вплоть до мелового периода. Он перенес эту связь в древнее геологическое прошлое и представил себе, что отрыв связан с предполагаемым Дж. Г. Дар-

вином отторжением лунной массы от Земли, следы которого еще видны в Тихоокеанском бассейне.

В небольшой статье, вышедшей в 1909 г., Мантовани [86] высказывает мысли о перемещении материков, поясняя это картами, которые, хотя частично и отличаются от моих, однако в некоторых местах (например, относительно существовавшей группировки южных материков вокруг Южной Африки) поразительно сходятся. Мне писали о книге Коксвуорси, появившейся после 1890 г., в которой он высказал гипотезу о том, что современные материки якобы являются разорванными частями когда-то единого массива [9]. Мне не представилась возможность самому познакомиться с этой книгой.

Большое сходство с моими собственными идеями я также нашел в вышедшей в 1910 г. работе Ф. Б. Тейлора [10], в которой высказано предположение о наличии значительных горизонтальных перемещений отдельных материков в третичном периоде. С этими перемещениями он связывает образование большой складчатой системы третичного периода. Что касается окончательного отторжения Гренландии от Северной Америки, то Тейлор, например, практически приходит к тем же представлениям, что и я. Рассматривая Атлантический океан, Тейлор предполагал, что увеличение его ширины происходило лишь частично за счет отхода американской материковой глыбы, а остальная ее часть погрузилась в воду и образовала Средне-Атлантический вал.* Это представление отличается от моего только количественно, оно не вносит ничего существенного и нового. По этой причине американцы называют иногда теорию перемещения континентов гипотезой Тейлора—Вегенера. У меня самого, однако, при чтении работы Тейлора создается впечатление, что он искал прежде всего принципиальную основу, чтобы объяснить расположение больших горных цепей, и полагал найти ее в перемещении суши от полюсов. По моему мнению, рассуждения Тейлора о перемещении материков в нашем понимании сыграли лишь подчиненную роль, поскольку он дал краткое и поверхностное объяснение.

Я познакомился сам со всеми этими работами (в том числе и с работой Тейлора) лишь тогда, когда теория перемещения в основном была мной уже разработана, а с некоторыми из них даже значительно позднее. Пожалуй, не исключено, что с течением времени будут обнаружены другие работы, созвучные теории перемещения или предвосхищающие то или иное ее положение. Историческое исследование по этому вопросу еще не проделано, а настоящей книгой оно не предусмотрено.

* По современной терминологии — Срединно-Атлантический хребет. — *Примеч. пер.*

Глава вторая

СУЩНОСТЬ ТЕОРИИ ДРЕЙФА (ПЕРЕМЕЩЕНИЯ) МАТЕРИКОВ И ЕЕ ОТНОШЕНИЕ К ГОСПОДСТВОВАВШИМ ДО СИХ ПОР ПРЕДСТАВЛЕНИЯМ ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ В ТЕЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ

Странным для нашего современного несовершенного уровня знаний является то обстоятельство, что в зависимости от биологической или геофизической точек зрения на проблему приходят к совершенно противоположным выводам относительно доисторических условий на нашей Земле.

Палеонтологи, а также зоо- и фитогеографы снова и снова приходят к выводу, что большинство материков, разделенных ныне широким глубоким морем, ранее должны были иметь сухопутные соединения, по которым происходил беспрепятственный обмен континентальными флорой и фауной. Палеонтологи судят об этом по наличию многочисленных идентичных видов, которые в доисторические времена обитали в областях, расположенных на противоположных сторонах океана, чье одновременное раздельное возникновение в различных местах представляется непостижимым. И если процент идентичности одновозрастных фауны или флоры незначителен, то это легко объясняется тем обстоятельством, что в ископаемом состоянии сохраняется и обнаруживается только небольшая часть представителей существовавшего ранее органического мира. Ведь если даже все группы организмов на двух таких материках когда-то полностью совпадали, недостаточность наших знаний привела бы к тому, что лишь часть находок, сделанных на обоих берегах океана, оказалась бы идентичной; большинство же организмов имеет различия. В данном случае, естественно, нужно считаться с тем обстоятельством, что даже при возможном беспрепятственном обмене органический мир не может быть совершенно тождественным, подобно тому как, например, и ныне Европа и Азия имеют не вполне идентичные фауну и флору.

К такому же выводу приводит и сравнительное изучение современных фауны и флоры. Существующие виды на двух таких материках хотя и различны, но роды и семейства все еще те же; и то, что в настоящее время является родом или семейством, было когда-то видом. Родство современных материковых фаун и флор позволяет заключить, что в доисторическое время они были идентичными и поэтому должен был происходить их обмен, возможный, как представляется, только по широким сухопутным мостам. Только после прекращения подобной сухопутной связи произошло их разделение на различные современные виды. Пожалуй, не будет преувеличением сказать, что все развитие жизни на Земле и родство нынешних организмов даже на отдаленных материках останутся неразрешимыми загадками, если не признавать существовавшие ранее связи между материками.

Приведу лишь одно из многих высказываний по этому вопросу. Де Бофор [123] пишет: «Можно перечислить еще много других примеров, из которых следует, что зоогеография не может дать приемлемого

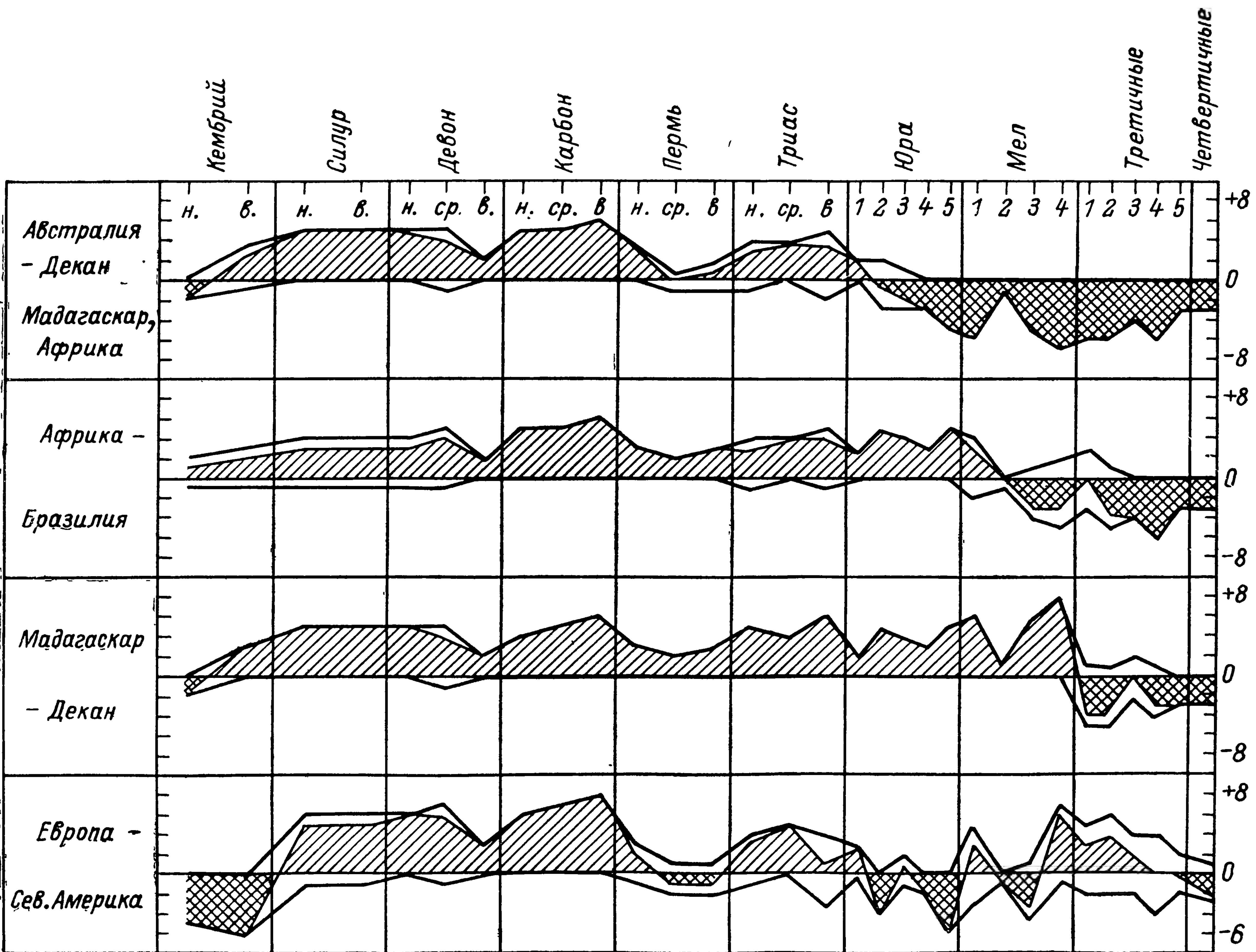


Рис. 1. Число голосов, подтверждающих (*верхняя жирная кривая*) и отрицающих (*нижняя кривая*) существование четырех межматериковых мостов с кембрия.

Разность (перевес подтверждающих голосов) *заштрихована*. Преобладанию отрицающих голосов соответствует *двойная штриховка*.

объяснения распространению животных, если не признавать существования связей между разделенными ныне материками, а также континентальных мостов, из которых, как выражается Мэттью, вынуто лишь несколько звеньев, и таких соединений, место которых сейчас занимает глубокий океан».[1]

Само собой разумеется, что многие вопросы еще недостаточно выяснены. Во многих случаях существование мостов суши восстанавливалось на основе очень скудных данных и в ходе дальнейших исследований не нашло подтверждения. В других случаях не имеется полного согласия со временем, с которого прекратилась связь и наступило теперешнее разделение. Однако в вопросе о важнейших былых сухопутных соединениях среди специалистов уже ныне господствует единодушие, независимо от того, выводят ли они свои заключения из географического распространения млекопитающих или дождевых червей, растений или какой-либо другой группы органического мира.

Арльдт [11] составил из высказываний или карт 20 исследователей[2] сравнительную таблицу, характеризующую существование или отсутствие сухопутных соединений в различные геологические периоды. На рис. 1 я графически изобразил результат этой выборки для четырех важнейших существовавших сухопутных соединений. Для каждого соединения нанесены три кривые, которые отражают число подтверждающих и отрицающих такое соединение голосов и их разность. Преобладание мнений большинства показано штриховкой соответствующего участка диаграммы. Верхний график свидетельствует, что, согласно большинству исследователей, связь Австралии с Передней Индией, Мадагаскаром и Африкой (древняя «Гондвана») продолжалась с кембрийского времени до начала юрского, но затем прервалась. Второй график показывает, что древняя сухопутная связь между Южной Америкой и Африкой («Археленис»), согласно мнению большинства исследователей, перестала существовать в раннем или среднем мелу. Еще позднее, а именно на рубеже между меловым и третичным периодами, по мнению большинства (см. рис. 3), перестала существовать древняя сухопутная связь между Мадагаскаром и Деканом («Лемурия»). Значительно более неравномерной была мате-

---

[1] «Конечно, и сегодня еще имеются отдельные противники теории континентальных мостов. Среди них особенно следует отметить Г. Пфеффера. Он исходит из того, что некоторые формы, распространенные теперь только в южной части Земли, в ископаемом состоянии известны в северном полушарии. Поэтому, по его мнению, несомненно, что они когда-то были распространены более или менее повсеместно. Однако уже этот вывод не является безусловным, а тем более следующий, что мы должны принимать повсеместное распространение форм и во всех тех случаях их прерывистого распространения на юге, когда на севере еще не имеется ископаемых находок. Если он хочет объяснить все особенности распространения исключительно перемещениями между северными материками и их средиземными мостами, то это предположение покоится на зыбкой почве», — утверждает Арльдт [135]. То обстоятельство, что родство южных континентов проще и полнее можно объяснить непосредственными связями, чем параллельной миграцией из всей северной области, не требует, пожалуй, объяснения, хотя в отдельных случаях процесс мог происходить так, как предполагает Пфеффер.

[2] Арльдт, Буркхардт, Динер, Фрех, Фритц, Хандлирш, Ог, фон Игеринг, Карпинский, Кокен, Коссмат, Катцер, Лаппарантт, Мэтьюз, Неймайр, Ортманн, Осборн, Шухерт, Улиг, Виллис.

риковая связь между Северной Америкой и Европой, как это видно на рис. 4. Но и здесь, несмотря на частую смену соотношений, имеется значительное совпадение взглядов: связь повторялась в древние эпохи, нарушаясь в кембрии и перми, а также в юрском и меловом периодах, по-видимому, только мелководными трансгрессиями, которые позволяли в дальнейшем восстанавливать соединения.* Однако окончательный обрыв связи, соответствующий современному разделению материков широким глубоким морем, мог произойти, по крайней мере на севере у Гренландии, лишь в четвертичный период.

На некоторых подробностях мы остановимся ниже. Здесь следует подчеркнуть только один важный момент, который представители теории

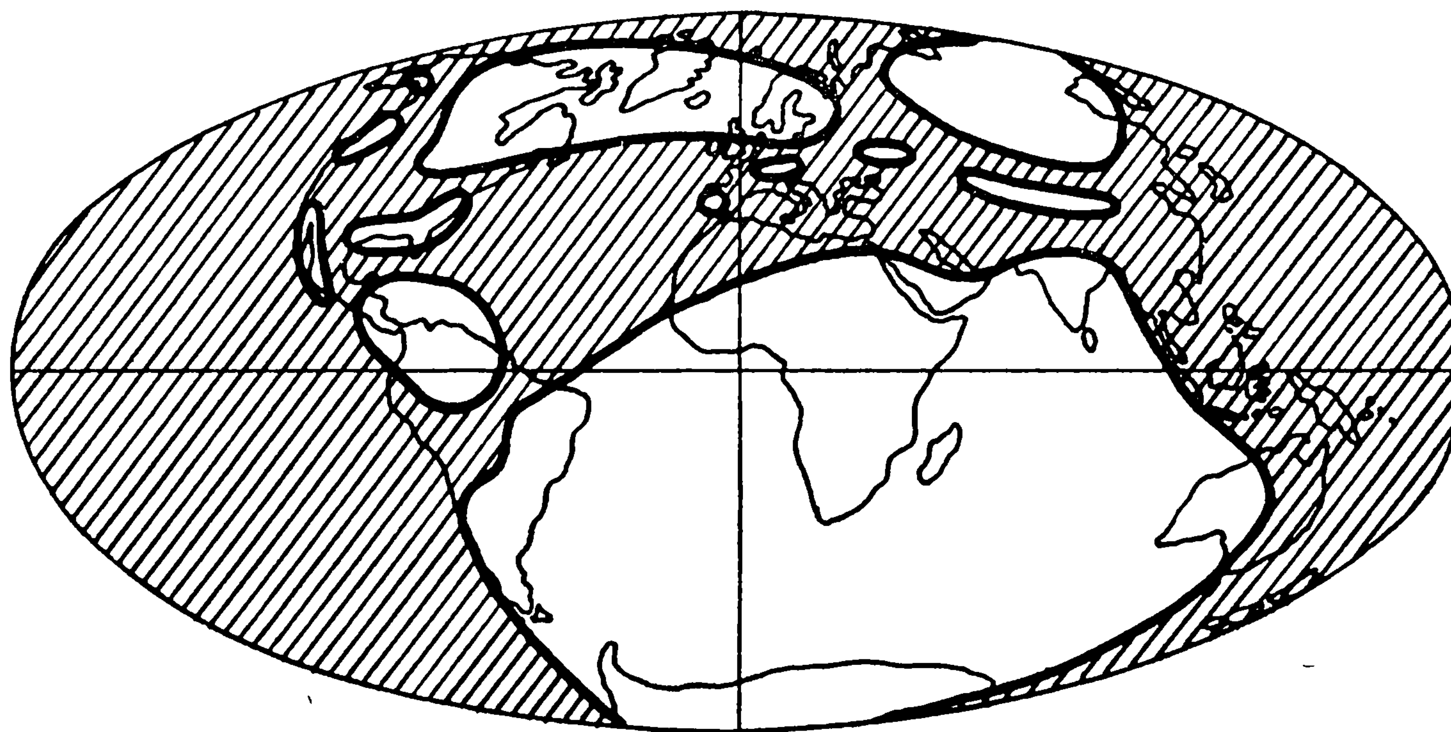


Рис. 2. Распределение воды (*заштриховано*) и суши в карбоне по общепринятым представлениям.

континентальных мостов оставляли до сих пор без внимания: эти бывшие материковые соединения привлекались не только для таких мест, как, например, Берингов пролив, где материки разделяет мелкое шельфовое или трансгрессивное море, но также и для нынешних областей глубокого моря. Все четыре примера на нашем рис. 1 относятся к подобным случаям. Они выбраны специально, потому что именно с них начинается новая концепция теории дрейфа континентов, как это еще предстоит показать.

Поскольку до сих пор считалось само собой разумеющимся, что континентальные блоки, будь они сухими или затопленными водой, сохраняли неизменным свое положение относительно друг друга на протяжении всей истории Земли, естественно, не оставалось ничего иного, как предположить, что необходимые материковые соединения существовали в виде промежуточных материков, опустившихся позднее (когда прекратился обмен континентальной фауной и флорой) ниже уровня моря и образовавших теперь дно того океана, который располагается над этими материками. Так возникли известные палеогеографические реконструкции, пример которых для карбона приведен на рис. 2.

* В настоящее время большинство исследователей считают, что непрерывная связь между Северной Америкой и Европой существовала до юрского или мелового периода. — *Примеч. пер.*

Эта гипотеза погрузившихся промежуточных материков действительно была наиболее приемлемой до тех пор, пока базировалась на учении о контракции, или сжатии, Земли. Эту теорию необходимо рассмотреть несколько подробнее. Она возникла в Европе; ее обосновали и создали Дана, Альберт Гейм и Эдуард Зюсс. До настоящего времени на ней базируются все основные представления в большинстве европейских учебников геологии. Наиболее кратко выразил содержание этой теории Зюсс: «Мы присутствуем при разрушении земного шара» [12, т. 1, с. 778]. Подобно тому как у высыхающего яблока, когда оно теряет содержащуюся в нем влагу, на поверхности появляются складки и морщины, благодаря охлаждению и связанному с ним сжатию на поверхности Земли образуются складчатые горы. Вследствие этого сжатия земной коры в ней должно господствовать общее «сводовое давление», которое задерживает опускание отдельных частей земной коры, при этом образуются ступени или горсты, которые в известной степени поддерживаются этим сводовым давлением. В дальнейшем эти отставшие части могут опережать в погружении другие части и то, что было сушей, может стать дном моря, и наоборот, в произвольно часто повторяющемся чередовании. Такое представление, обоснованное Лайелем, опирается на тот факт, что почти повсюду на материках встречаются отложения существовавших ранее морей. Этой теории нельзя отказать в исторической заслуге, так как долгое время она позволяла довольно удовлетворительно обобщать наши геологические знания. Контракционная гипотеза за это долгое время применялась к большому числу результатов исследований с такой последовательностью, что еще и теперь в ней есть что-то подкупающее — в ясной простоте основной мысли и широкой возможности ее применения.

С момента впечатляющего обобщения геологических знаний о Земле, написанного с позиций контракционной теории и опубликованного в четырехтомном труде Эдуарда Зюсса «Лик Земли», накапливалось все больше сомнений в правильности основной гипотезы. Представление о том, что все поднятия кажущиеся, так как являются лишь результатом отставания отдельных блоков в общем движении земной коры к центру Земли, было опровергнуто существованием абсолютных поднятий [71]. Идея о постоянно и повсюду действующем сводовом давлении, теоретически опровергнутая уже Хергезеллем [124] для верхних слоев коры, оказалась шаткой, так как строение Восточной Азии и Восточно-Африканские разломы, ограничивающие грабены, позволяют, напротив, сделать вывод о наличии сил растяжения на больших участках земной коры. Определение складчатых гор как морщин коры, возникших при сокращении Земли, приводило к непременному выводу о передаче давления внутри земной коры на протяжении 180° большого круга. Многие авторы — Ампферер [13], Рейер [14], Рудзки [15], Андре [16] и другие — справедливо выступили против такой концепции, считая, что вся поверхность Земли, подобно высыхающему яблоку, должна была бы равномерно покрыться морщинами. Особое значение имело открытие чешуйчатого строения покровных складок или шарьяжей в Альпах, которое усложнило и без того трудное обоснование происхождения гор путем контракции Земли, так что оно стало совершенно неприемлемым. Это новое понимание строения Альп и многих других гор, введенное работами Берт-

рана, Шардта, Люжона и других, свидетельствует о значительно бо́льших величинах сжатия, чем представлялось прежде. Гейм, следуя старым представлениям, вычисляет для Альп сокращение их ширины в два раза (т. е. до $1/2$ первоначальной величины), а положив в основу признанное теперь повсюду строение покровных складок, оценивает сокращение их ширины до $1/4$—$1/8$ первоначальной величины [17]. Поскольку теперь ширина Альп составляет около 150 км, здесь, следовательно, была сжата часть коры шириной 600—1200 км (от 5 до 10° широты). В новейшей крупной сводке по строению покровных складок Альп Р. Штауб [18] в соответствии с Арганом приходит к еще бо́льшим величинам сжатия. На с. 257 он делает вывод: «Альпийский орогенез является результатом перемещения африканского массива на север. Если снова расправить альпийские складки и покровы по поперечному сечению между Шварцвальдом и Африкой, то по сравнению с современным расстоянием, равным примерно 1800 км, дистанция разделения составит от 3000 до 3500 км; следовательно, сжатие (сокращение) альпийского региона (в широком смысле) составило около 1500 км. На это расстояние должна была переместиться Африка по отношению к Европе. Таким образом, мы приходим также к подлинному перемещению материка — африканского массива — на большое расстояние».[3]

В том же духе высказывались такие геологи, как, например, Б. Ф. Германн [106], Эдв. Хенниг [19] или Коссмат [21], который подчеркивает, «что объяснение горообразования должно считаться с тангенциальными движениями коры, не укладывающимися в рамки представлений простой контракционной гипотезы». В частности, для Азии Арган [20] в своем всестороннем исследовании, к которому мы еще вернемся ниже, выдвинул совершенно такую же гипотезу, какая была предложена им и Штаубом для Альп. Любая попытка отнести эти гигантские сдвиги коры за счет понижения температуры недр Земли терпит неудачу. Даже, казалось бы, само собой разумеющееся основное положение контракционной гипотезы о постоянном охлаждении Земли было совершенно расшатано открытием радия. Этот элемент, в результате распада которого постоянно образуется тепло, содержится в доступных нам горных породах земной коры в измеримых количествах. Многочисленные определения приводят к выводу, что если бы внутренние части Земли имели такое же содержание радия, то выделение тепла должно было бы быть бо́льшим, чем его отвод наружу, который мы можем контролировать, учитывая теплопроводность

[3] По-видимому, оценки величины сжатия Альп все еще возрастают. Так, Штауб недавно писал [214, также 215]: «Если представить себе это многократное нагромождение альпийских складок снова разгладившимся..., то мы будем вынуждены продвинуться с жесткой тыловой областью Альп далеко на юг, и прежнее расстояние между предгорьем и тыловой областью окажется, пожалуй, в десять-двенадцать раз больше, чем нынешнее расстояние между ними». Он добавляет: «Образование горной цепи происходит здесь совершенно отчетливо и несомненно за счет самостоятельного перемещения более крупных по своему строению и составу безусловно континентальных блоков. Таким образом, начав с геологии Альп и теории покровов Ганса Шардта, мы, само собой разумеется, без всякого принуждения приходим к признанию основного принципа теории Вегенера о перемещении континентов».

горных пород, по повышению температуры с увеличением глубины шахт. Это означало бы, что температура Земли должна была бы постоянно повышаться. Однако очень малая радиоактивность железных метеоритов позволяет предположить, что железное ядро Земли, по-видимому, содержит гораздо меньше радия, чем кора. Тем самым, вероятно, представляется возможным избежать этого парадоксального заключения. Во всяком случае современное термальное состояние Земли нельзя рассматривать, как прежде, в качестве мимолетной фазы в процессе остывания когда-то значительно более разогретого земного шара, а скорее как состояние равновесия между процессом выделения радиоактивного тепла внутри Земли и теплоотдачей в мировое пространство.

Таким образом, новейшие исследования этого вопроса, которые будут более подробно рассмотрены позже, приводят к выводу, что (по крайней мере под континентальными блоками) генерируется больше тепла, чем отводится, и, следовательно, температура здесь должна повышаться, в то время как в областях глубокого моря, наоборот, теплоотдача превышает образование тепла. В результате для всей Земли создается равновесие между возникновением тепла и его отдачей. Во всяком случае из сказанного видно, что эти новые взгляды совершенно лишили основы контракционную гипотезу.

Однако контракционная теория сталкивается и со многими другими трудностями. Представления о неограниченной во времени смене континентальной обстановки условиями морского дна, которые основаны на фактах распространения морских отложений в пределах современных материков, нужно существенно ограничить. При более подробном исследовании этих отложений становилось все яснее, что почти во всех без исключения случаях речь идет об отложениях мелкого моря. Многие отложения, которые прежде считались отложениями глубокого моря, оказалось, образовались в мелком море. Это было, например, доказано Кайё в отношении писчего мела. Хороший обзор по этому вопросу составил Даке [22]. Лишь для очень немногих отложений, таких как бедные известью радиоляриты Альп и некоторые красные глины, напоминающие красные глины глубокого моря, можно предположить значительные глубины образования (4—5 км), прежде всего потому, что морская вода растворяет известь только на большой глубине. Однако пространственное распространение этих настоящих глубоководных отложений на современных материках по сравнению с размерами материков и с площадью, занятой залегающими на них отложениями мелкого моря, столь незначительно, что не может повлиять на общий вывод о преимущественно мелководном происхождении ископаемых морских отложений на нынешних материках. В связи с этим у контракционной теории возникают большие затруднения. Поскольку мы с геофизической точки зрения должны относить мелкое море к материковому массиву, этот вывод означает, что материковые массивы как таковые оставались в истории Земли постоянными и никогда не образовывали дна глубокого моря. Можем ли мы тогда предполагать, что современное дно глубокого моря было когда-то материком? Справедливость этого вывода, очевидно, опровергается тем, что было установлено мелководное происхождение морских отложений на материках. Более того, этот вывод приводит теперь к явному проти-

воречию. Если мы реконструируем промежуточные материки* по типу рис. 2, т. е. заполним бóльшую часть глубоководных бассейнов, не имея возможности компенсировать это опусканием современных материковых областей до уровня дна глубокого моря, то для водных масс Мирового океана не останется места в сильно уменьшившемся глубоководном бассейне. Вытеснение воды промежуточными материками было бы так велико, что уровень Мирового океана поднялся бы над всей материковой областью Земли и затопил бы все как существующие ныне континенты, так и промежуточные материки. Следовательно, такая реконструкция отнюдь не приводит к желаемой цели — к подтверждению существования сухопутных соединений между материками. Таким образом, рис. 2 воспроизводит нереальную реконструкцию, поскольку мы не вводим дополнительную гипотезу (которая в качестве гипотезы ad hoc является неприемлемой), например, что количество вод Мирового океана в то время было точно на необходимый объем меньше, чем теперь, или что существовавшие тогда океаны были на соответствующую величину глубже. А. Пенк и другие указывали на это характерное противоречие.

Из многих опровержений контракционной гипотезы следует остановиться еще на одном, имеющем особое значение. Геофизики, в основном путем измерений силы тяжести, пришли к выводу, что земная кора в равновесном состоянии плавает на несколько более тяжелом, вязком основании. Это состояние называется изостазией. Изостазия — не что иное, как взаимное уравновешивание по закону Архимеда, причем вес погруженного тела равен весу вытесненной жидкости. Но употребление специального слова для этого состояния земной коры целесообразно потому, что жидкость, в которую погружается земная кора, обладает, вероятно, очень большой, с трудом представляемой вязкостью. Поэтому колебания в состоянии равновесия исключаются и стремление к положению равновесия после нарушения последнего является процессом, происходящим исключительно медленно и требующим для своего завершения многих тысячелетий. В лаборатории эту «жидкость», вероятно, вряд ли отличили бы от твердого тела. Следует, однако, напомнить, что даже у стали, которую мы, естественно, считаем твердым телом, перед самым разрывом появляются типичные явления текучести.

Примером нарушения изостазии земной коры является ее нагрузка за счет шапки материкового льда. В результате этого под тяжестью льда происходит медленная деформация — опускание земной коры, приводящее к положению равновесия, соответствующему новой нагрузке. После стаивания материкового льда постепенно снова достигается прежнее положение равновесия, причем береговые линии, сформировавшиеся в процессе опускания, также поднимаются вверх. «Карты изобаз» де Геера [23], построенные по береговым линиям для последнего оледенения Скандинавии, указывают на понижение центральной части полуострова по меньшей мере на 250 м, которое постепенно уменьшается к периферии. Для максимального из четвертичных оледенений можно предполо-

---

* В немецком тексте употребляется термин «Zwischenkontinente» — промежуточный материк (континент), а в английском — «intercontinental bridge», т. е. межконтинентальный мост. — *Примеч. пер.*

жить еще более высокие значения. На рис. 3 воспроизведена карта этого послеледникового подъема Фенноскандии по Хёгбому (из Борна [43]). Такое же явление де Геер доказал и для североамериканской области оледенения. Рудзки [15] показал, что, основываясь на теории изостазии,

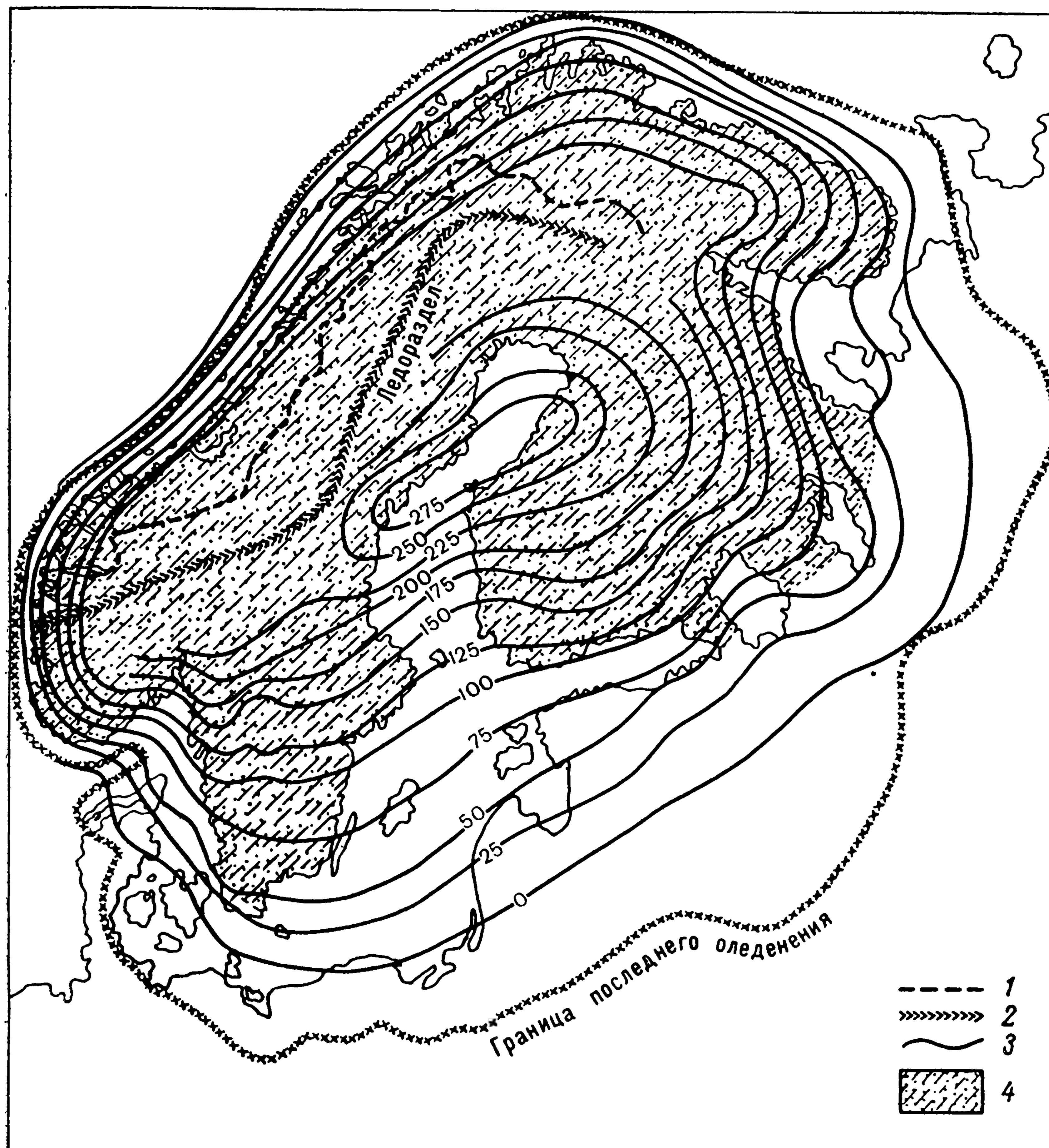


Рис. 3. Величина послеледникового подъема Фенноскандии (по Хёгбому).

1 — водораздел; *2* — ледораздел; *3* — линии одинакового поднятия; *4* — преимущественно докембрийский фундамент.

можно вычислить вероятную толщину внутриматерикового слоя льда, а именно 930 м для Скандинавии и 1670 м для Северной Америки, где опускание достигало 500 м. Вследствие вязкости магмы, подстилающей материки, эти выравнивающие движения, естественно, сильно запаздывают. Береговые линии сформировались большей частью только после стаивания льда, но до поднятия суши; в настоящее время, как показывает нивелировка, Скандинавия поднимается примерно на 1 м в столетие.

Даже накопление осадочных отложений, как это, пожалуй, первым отметил Осмонд Фишер, приводит к оседанию глыбы. Каждая аккумуляция осадков сверху приводит к несколько меньшему по сравнению с их мощностью погружению глыбы земной коры. Поэтому вновь образующаяся поверхность располагается почти на старом уровне. Таким образом могут накапливаться отложения многокилометровой мощности, все слои которых сформировались в мелководье.

Позже мы еще подробнее остановимся на теории изостазии. Здесь следует отметить, что геофизические наблюдения подтверждают эту теорию и в настоящее время она является неотъемлемой частью основ геофизики, а в ее принципиальной правильности больше нельзя сомневаться.[4]

Совершенно очевидно, что этот результат противоречит представлениям теории сжатия и с большим трудом может быть с нею связан. Невозможно, в частности, представить, что континентальная глыба величиной с предполагаемый промежуточный материк способна без нагрузки погрузиться на дно глубокого моря или что может происходить обратный процесс. Изостатическая гипотеза находится, следовательно, в противоречии не только с теорией сжатия, но в особенности с гипотезой погрузившихся континентальных мостов, которая была предложена на основании данных о распространении организмов.[5]

Выше мы преднамеренно несколько подробнее рассмотрели возражения против контракционной гипотезы, ибо в одной части приводимых здесь рассуждений коренится другая теория, в настоящее время рас-

---

[4] В американской геологической литературе под названием «теория изостазии» понимается, например Тэйлором [101], гипотеза Боуи о возникновении геосинклиналей и горных хребтов. По предположению Боуи [244], первый подъем заполненной отложениями мульды геосинклинали происходит благодаря подъему изотерм в ней и связанному с этим увеличению объема. Как только это приводит к подъему суши, начинает действовать эрозия и образуются изрезанные горные цепи, основание которых постепенно поднимается вследствие уменьшения нагрузки. Наконец, благодаря этому подъему изотермы поднимаются на необычную высоту и затем начинают медленно перемещаться вниз; блок охлаждается, происходит его сжатие и опускание поверхности, и из горной страны снова образуется впадина, в которой вновь происходит процесс осадконакопления. Благодаря седиментации опускание продолжается до тех пор, пока изотермы не достигнут крайне низкого положения, затем снова поднимутся, и цикл будет неоднократно повторяться. Эта гипотеза, неприменимость которой для больших складчатых гор с их шарьяжами подчеркивалась Тейлором и другими, хотя и пользуется изостатическим принципом, не может, однако, называться «теорией изостазии».

[5] Перечисленные здесь возражения против теории контракции направлены прежде всего против ее типичной старой формы. В последнее время с различных сторон, например Кобером [24], Штилле [25], Нёльке [26], Джеффрисом [102] и другими, были сделаны попытки модернизировать контракционную теорию и смягчить направленную против нее критику частично за счет ее ограничения, частично с помощью дополнительных гипотез. Это справедливо также для теории, опубликованной Р. Т. Чемберленом [160], который предполагает, что контракция вызывается перераспределением материала в земной коре в результате образования Земли из планетозималей. Хотя таким попыткам невозможно отказать в стремлении поддержать контракционную гипотезу, все же нельзя сказать, что они действительно опровергают возражения против нее. Эти попытки не смогли привести в удовлетворительное соответствие положения контракционной теории с новыми исследованиями, особенно в области геофизики. Однако подробное рассмотрение этой неоконтракционной гипотезы выходило бы за рамки нашей работы.

пространенная, особенно среди американских геологов, которую называют теорией перманентности (постоянства материков и океанов). Виллис [27] сформулировал ее следующим образом: «Большие океанические впадины являются постоянной характерной особенностью земной поверхности; они располагаются со времени своего первого заполнения водой неизменно на одном и том же месте, лишь небольшие изменения претерпевают их очертания». Действительно, на основании мелководного происхождения морских отложений нынешних материков мы уже пришли к выводу, что континентальные глыбы как таковые были постоянными в истории Земли.

Теория изостазии доказывает, что дно современных океанов нельзя рассматривать как погрузившиеся континенты. Это расширяет рамки понимания вышеупомянутых выводов, основанных на распространении морских отложений, настолько, что позволяет говорить об общем постоянстве дна глубоких морей и континентальных глыб. Поскольку авторы теории перманентности принимали как само собой разумеющееся допущение, что положение континентальных глыб относительно друг друга не изменилось, гипотеза перманентности, сформулированная Виллисом, оказывается логическим выводом из геофизического опыта, но при этом не принимается во внимание гипотеза о бывших материковых связях, выведенная из распространения организмов. Таким образом, мы сталкиваемся со странным обстоятельством, когда одновременно существуют две совершенно противоположные гипотезы о древнем облике нашей Земли, а именно: в Европе распространена гипотеза о существовавших в геологическом прошлом континентальных материковых мостах, а в Америке почти всеми принимается гипотеза перманентности океанических бассейнов и континентальных глыб.

Не случайно гипотеза перманентности как раз в Америке имеет наибольшее число последователей: геология развилась здесь позднее и поэтому одновременно с геофизикой. Это привело к более быстрому и полному, чем в Европе, восприятию достижений новой смежной науки. Американская наука не поддалась искушению положить в свою основу контракционную гипотезу, противоречащую геофизике. Иначе дело обстояло в Европе, где геология уже имела длительный период развития, до того как геофизика «выдала» свои первые результаты; здесь геология без посредства геофизики уже создала общую картину развития Земли в виде контракционной гипотезы. Вполне понятно, что многим европейским исследователям трудно полностью освободиться от этой традиции и они относятся к результатам геофизики с плохо скрываемым недоверием.

Что же, однако, является истиной? Земля в определенные временны́е периоды могла иметь только один облик. Существовали ли тогда континентальные мосты или материки были, как и ныне, разделены широкими бассейнами глубокого моря? Невозможно отклонить предположение о старых материковых связях, если мы не хотим полностью отказаться от понимания развития жизни на Земле. Но невозможно также уклониться и от причин, по которым представители гипотезы перманентности отвергают существование погрузившихся промежуточных материков. Очевидно, остается только одна возможность — считающиеся бесспорными предпосылки содержат скрытую ошибку.

Отсюда и начинается теория дрейфа материков. Положенный в основу как гипотезы континентальных мостов, так и гипотезы перманентности материков и океанов как само собой разумеющийся постулат о том, что относительное положение континентальных глыб (несмотря на их меняющийся мелководный покров) никогда не изменялось по отношению друг к другу, должен быть неверен. Континентальные глыбы должны были перемещаться в горизонтальном направлении. В геологическом прошлом Южная Америка должна была располагаться возле Африки и составлять с нею единый континентальный блок, расколовшийся в меловом периоде на две части, которые затем, подобно кускам треснувшей в воде льдины, в течение миллионов лет все дальше отходили друг от друга. Края обеих глыб еще сегодня поразительно совпадают. Не только большой прямоугольный изгиб, который имеет бразильское побережье у мыса Сан-Роки, находит свой точный негатив в изгибе африканского побережья у Камеруна, но также и южнее этих обеих совпадающих точек каждому выступу на бразильской стороне соответствует одинаковый по форме залив на африканской, и наоборот, каждый залив на бразильской стороне соответствует мысу на африканской стороне. Как показывают измерения, произведенные циркулем на глобусе, величины точно совпадают.

Северная Америка раньше также находилась рядом с Европой. Начиная с Ньюфаундленда, располагавшегося близко от Ирландии, и далее на север, она составляла с ней и с Гренландией единый блок, который лишь в позднетретичное время, а на севере еще позже — в четвертичном периоде — раскололся на части. Образовалась трещина, разветвляющаяся у Гренландии, после чего части блока отдалились друг от друга. Антарктика,* Австралия и Индостан к началу юрского периода находились рядом с Южной Африкой и составляли с ней и Южной Америкой единую большую, хотя и покрытую частично мелким морем, материковую область, которая на протяжении юрского, мелового и третичного периодов раскололась на отдельные глыбы, дрейфовавшие в разные стороны. Три карты Земли, воспроизведенные на рис. 4 и 5, для позднего карбона, эоцена и начала четвертичного периода, показывают этот ход развития. Что касается Индостана, то речь идет о несколько отличающемся процессе. Сначала Индостан был соединен с Азиатским материком вытянутой (растянутой) частью глыбы, покрытой, правда, на большей части мелким морем. После отделения его, с одной стороны, от Австралии (в ранней юре), а с другой — от Мадагаскара (на границе мела и третичного периода) эта растянутая область соединения благодаря продолжавшемуся приближению современного Индостана к Азии все более сминалась и находится теперь в пределах самых мощных горных цепей нашей Земли (в Гималаях и других многочисленных цепях складок Высокой Азии).**

Перемещение глыб и в других областях находится в причинной связи с образованием гор. При перемещении на запад обеих Америк их перед-

* Под Антарктикой здесь и в дальнейшем Вегенер подразумевает Антарктиду. — *Примеч. пер.*

** Имеется в виду пригималайская часть современной Индии, которая раньше не была смята в складки, а затем сократилась в процессе движения Индии на север. — *Примеч. пер.*

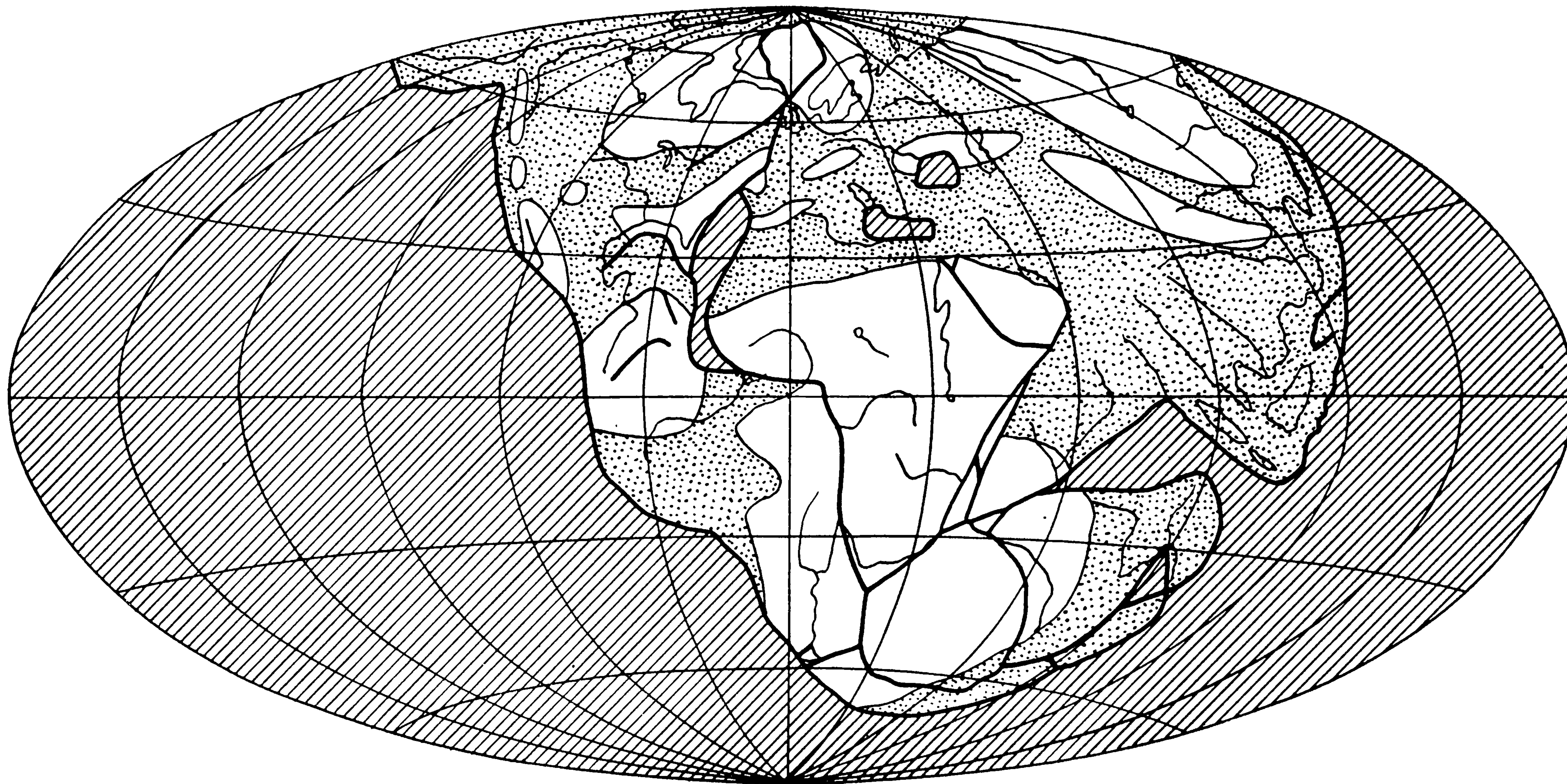


Рис. 4. Реконструкции карты Земли для трех периодов согласно теории дрейфа материков.

Заштриховано глубоководье, *пунктиром* обозначено мелководье. Современные контуры континентов и реки указаны только для наглядности. Использована современная сеть географических координат (за центр системы отсчета условно принята Африка).

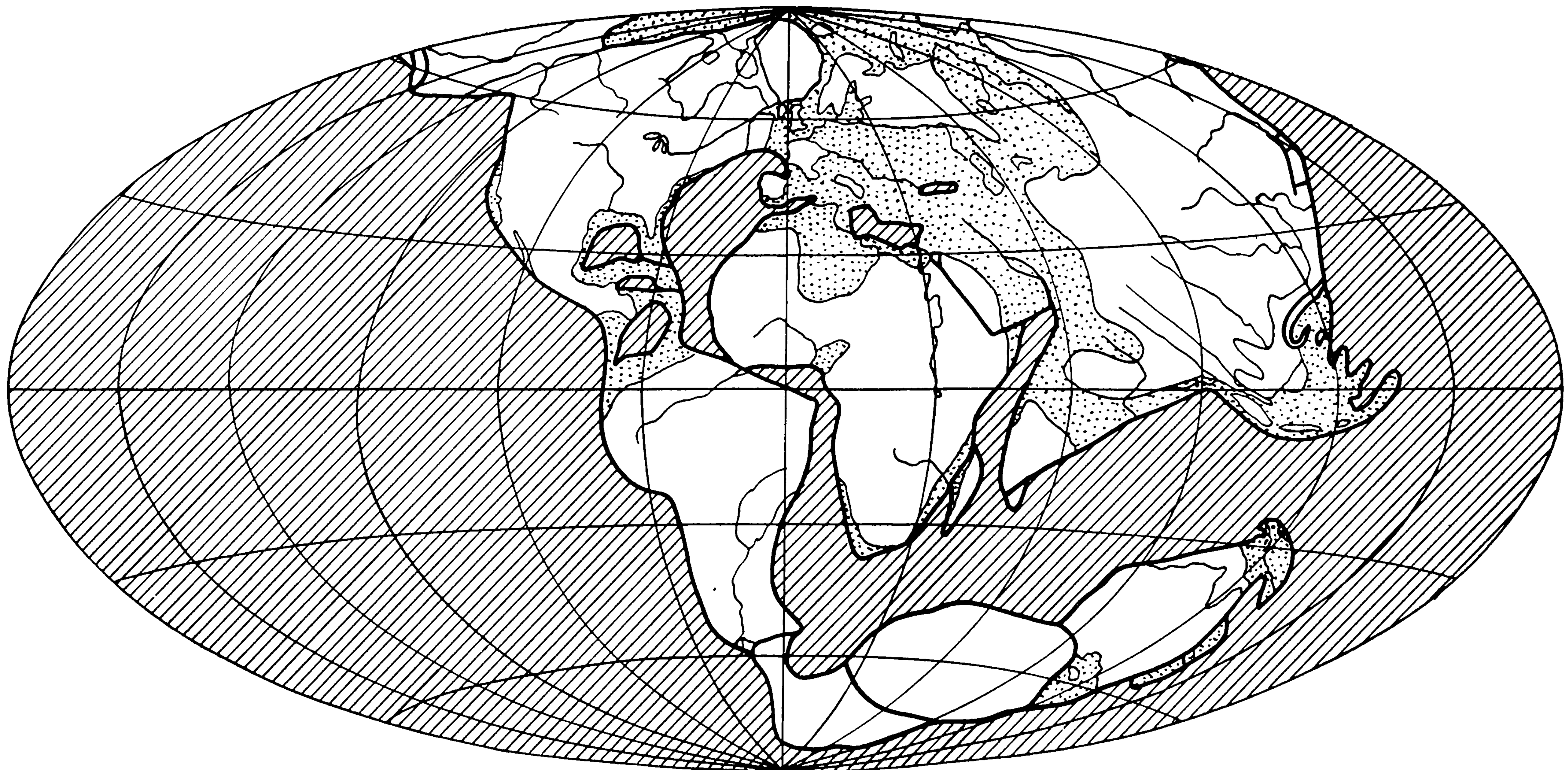


Рис. 4 (*продолжение*).

Раннечетвертичное время

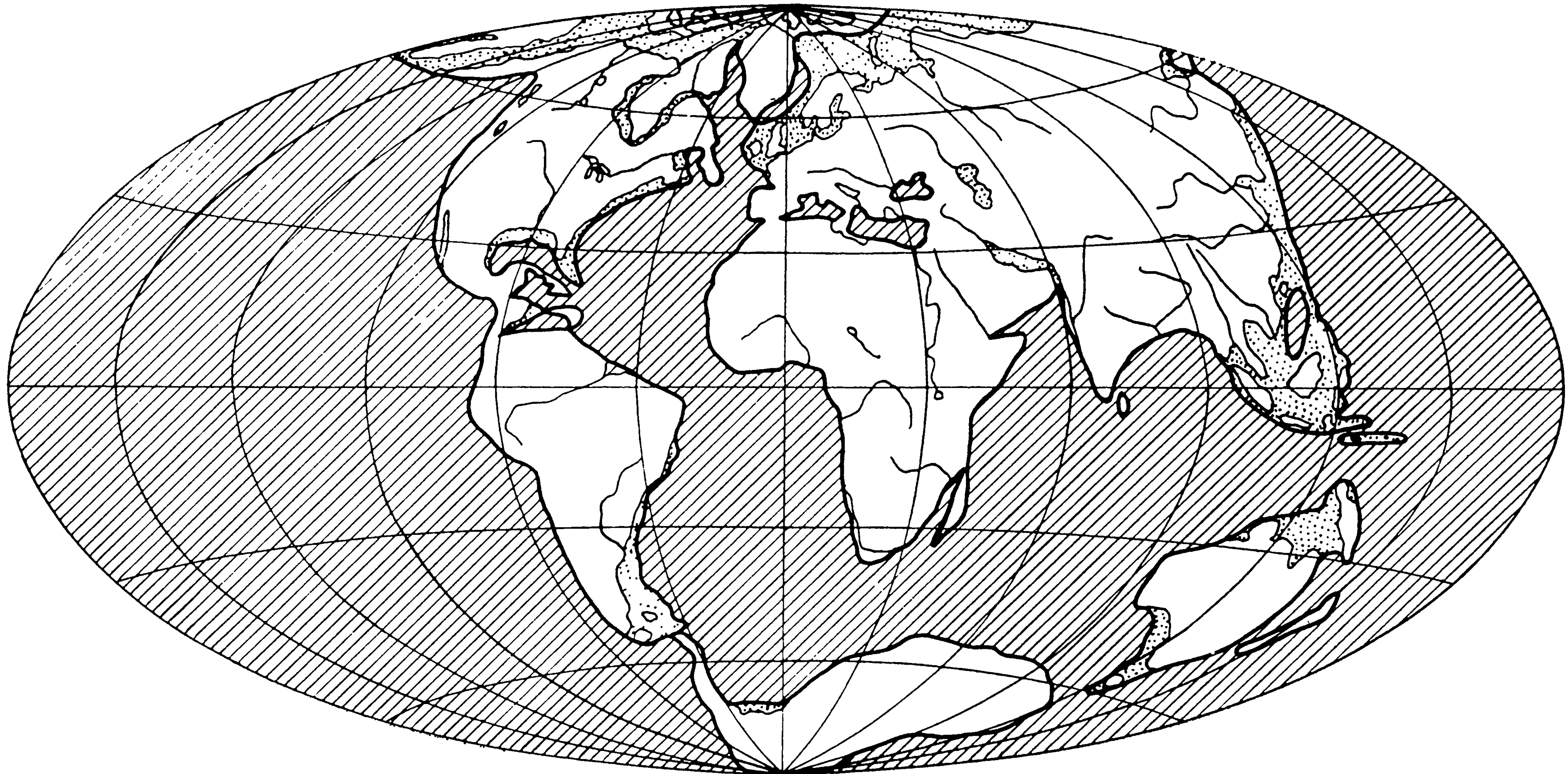


Рис. 4 (*продолжение*).

Поздний карбон

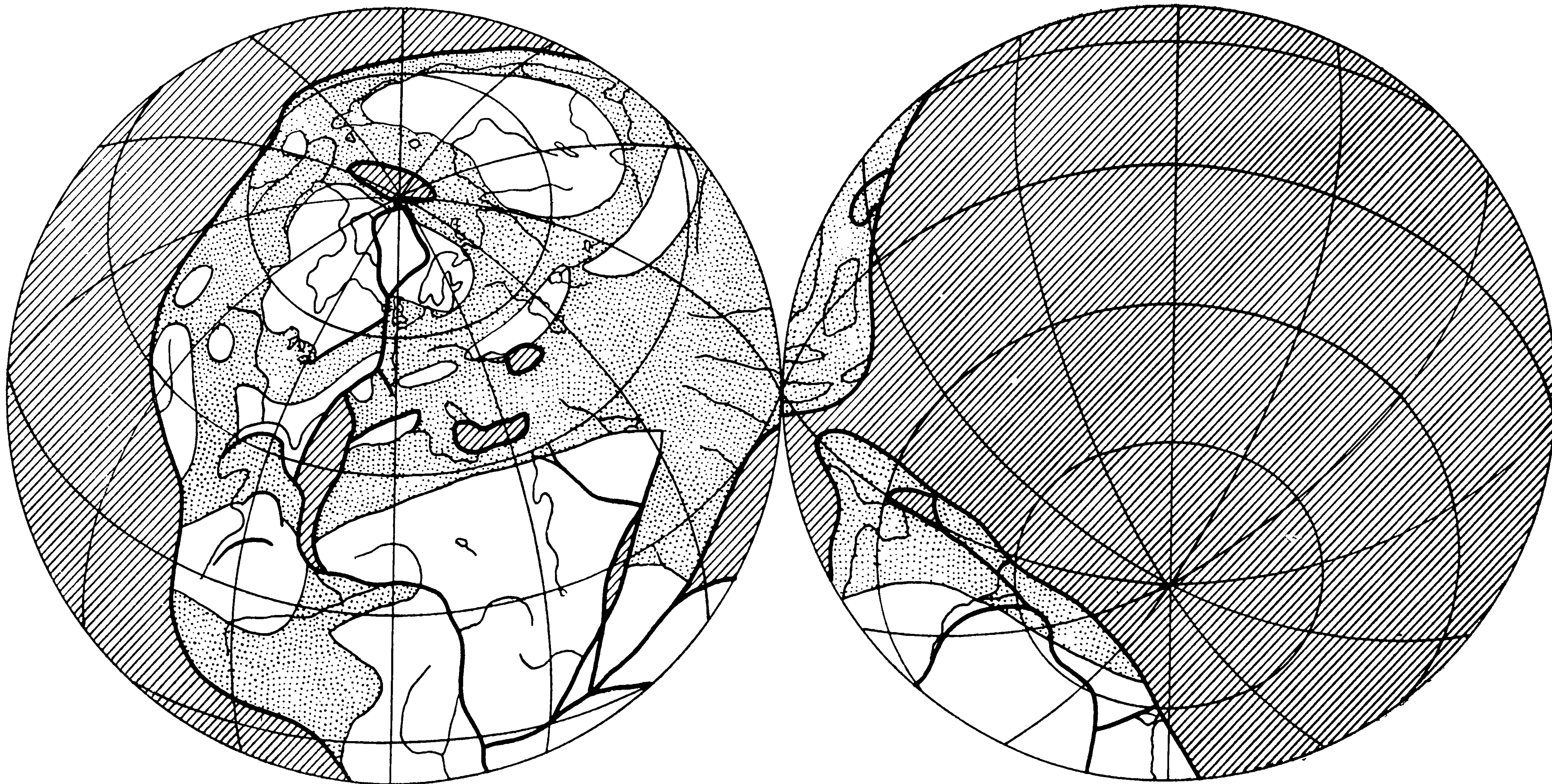


Рис. 5. Те же реконструкции, что и на рис. 4, но в другой проекции.

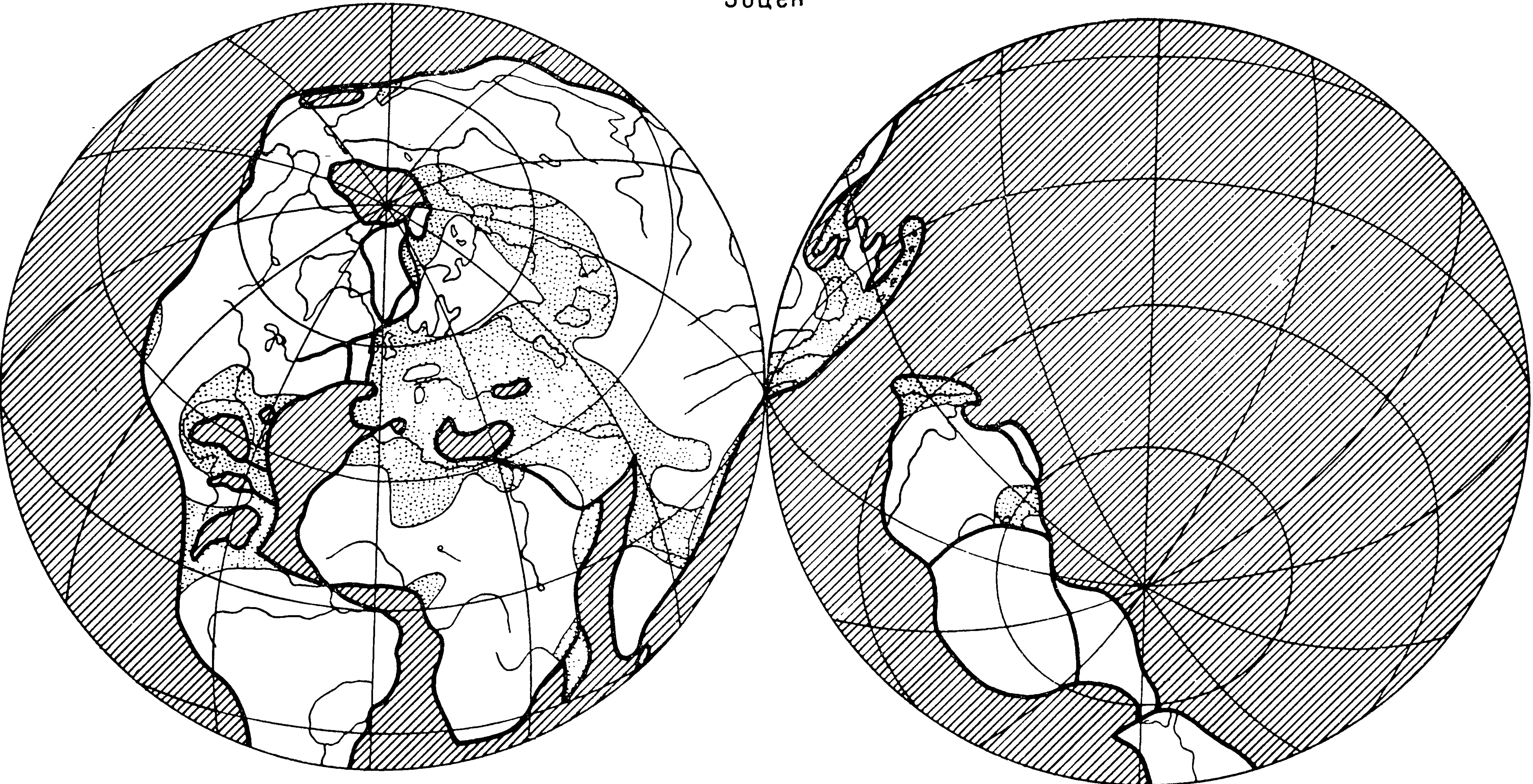


Рис. 5 (*продолжение*).

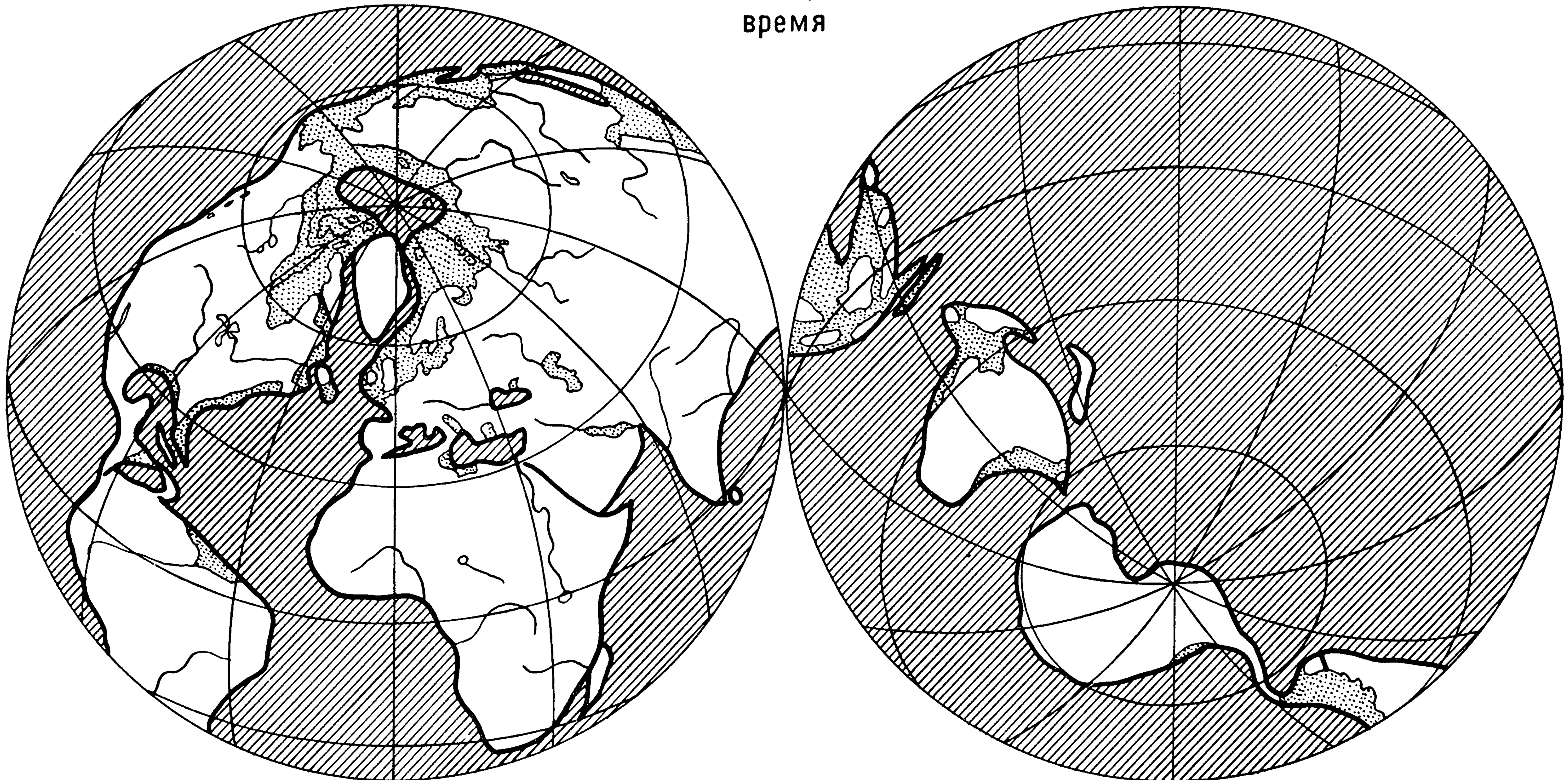


Рис. 5 (*продолжение*).

ний край был смят лобовым сопротивлением древнего, глубоко охлажденного и поэтому сопротивляющегося дна Тихого океана. При этом образовались гигантские горы Анд, простирающиеся от Аляски до Антарктики. Так же и у Австралийской глыбы, к которой нужно относить и Новую Гвинею, отделенную лишь шельфом от материка, на передней по направлению движения стороне находятся высокие молодые горы Новой Гвинеи. До отрыва от Антарктики направление ее движения, как показывают наши карты, было другим: современное восточное побережье было тогда передней стороной. В то время смялись в складки горы Новой Зеландии, которая располагалась непосредственно перед побережьем и в последующее время при изменившемся направлении перемещения отделилась в виде гирлянды и отстала. Еще более древними являются сегодняшние Кордильеры Восточной Австралии. Они образовались одновременно с древними складками в Южной и Северной Америке, составляющими фундамент Анд (Прекордильеры), на переднем крае континентальной массы, перемещавшейся как целое до ее раскола.

Упомянутое выше отделение краевой цепи — позднейшей гирлянды островов Новой Зеландии от Австралийской глыбы — наводит нас на мысль, что малые части глыб отставали от больших глыб, особенно при перемещении на запад. Так, в виде гирлянд — островных цепей — отделились краевые цепи на восточно-азиатской окраине. Таким же образом отстали Малые и Большие Антилы от Среднеамериканской глыбы и так называемая Южно-Антильская дуга между Огненной Землей и Западной Антарктикой. Даже заостряющиеся в меридиональном направлении глыбы обнаруживают изгиб этих мысов на восток вследствие указанного отставания. Таковы южный мыс Гренландии, шельф Флориды, Огненная Земля, Земля Грейама и отломившийся Цейлон.*

Легко можно заметить, что весь этот круг представлений теории перемещения исходит из предположения, что дно глубокого моря и континентальные глыбы состоят из различного материала, т. е. представляют собой в некотором смысле различные слои земного шара. Самый наружный слой, представленный континентальными глыбами, не покрывает (возможно, больше не покрывает) всю поверхность Земли. Дно глубокого моря представляет собой свободную поверхность следующего слоя земного шара, существование которого можно предполагать и под континентальными глыбами. Такова геофизическая сторона теории перемещения.

Взяв за основу теорию перемещения, мы удовлетворим все обоснованные требования как гипотезы о бывших сухопутных соединениях, так и гипотезы перманентности. Это означает, что сухопутные мосты реализовались не через позднее погрузившиеся промежуточные материки, а посредством соприкосновения разделенных теперь глыб. Перманентность же подразумевает не постоянное взаимное расположение отдельных океанов или материков как таковых, а постоянство существования глубоких морей и континентов в целом.

Подробное обоснование этих новых представлений составляет основное содержание данной книги.

---

* Географические названия приводятся в соответствии с текстом Вегенера. Поясняются лишь те из них, которые не известны широкому кругу читателей. — *Примеч. пер.*

Глава третья

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ АРГУМЕНТЫ

Подтверждение современных перемещений материков мы начнем, руководствуясь повторными астрономическими определениями их местоположения, на том основании, что недавно таким путем было дано первое подлинное доказательство современного перемещения Гренландии, предсказанное теорией дрейфа материков. Это хорошее численное подтверждение теории перемещения будет расцениваться большинством исследователей, видимо, как ее точнейшее и безупречное доказательство.

Большим преимуществом, которым обладает теория перемещения перед всеми другими теориями с такими же далеко идущими задачами, является то, что ее можно проверить точными астрономическими определениями местоположения материков. Если перемещения происходили на протяжении столь длительных периодов времени, то весьма вероятно, что они продолжаются еще и в настоящее время. Возникает только вопрос: происходят ли эти движения достаточно быстро, чтобы их можно было обнаружить по астрономическим измерениям в пределах не слишком длительного отрезка времени?

Для того чтобы судить об этом, мы должны коснуться проблемы абсолютной продолжительности геологических периодов. Данные в этом отношении, как известно, неточны, но не настолько, чтобы невозможно было ответить на этот вопрос.

Промежуток времени, прошедший с момента последнего оледенения, определяется А. Пенком на основании собственных работ по оледенению Альп в 50 000 лет, Штейманном — минимум в 20 000 лет и максимум в 50 000 лет, Геймом, по новым подсчетам в Швейцарии, а также гляциологами Соединенных Штатов — примерно в 10 000 лет. Миланкович посредством астрономических исследований пришел к выводу, что климатический максимум последнего оледенения был приблизительно 25 000 лет тому назад (пик того же самого оледенения скорее всего — 75 000 лет тому назад), а следующий за ним непосредственно климатический оптимум (что подтверждается геологией Северной Европы) имел место 10 000 лет тому назад. Де Геер на основании подсчета глинистых прослоев заключает, что отступающий край ледника пересек Сконе (Южная Швеция) 14 000 лет тому назад, хотя еще 16 000 лет тому назад располагался в Мекленбурге. Общая продолжительность четвертичного периода была определена, по вычислениям Миланковича, примерно в 0.6—1 млн. лет. Для наших целей такого совпадения цифр вполне достаточно.

Для более древних времен заключение о продолжительности отложения осадков пытались вывести на основании их мощности. Таким способом Даке [171] и Рудзки [170] для продолжительности третичного периода нашли величины от 1 до 10 млн. лет. Для мезозойского периода находят примерно трехкратную, а для палеозоя — двенадцатикратную продолжительность по сравнению с кайнозоем.

Значительно бо́льшие величины, в особенности для древних периодов, получаются при определении возраста на основании радиоактивных процессов, которые пользуются в настоящее время повышенным вниманием [207]. Это определение основывается на постепенном распаде атомов урана и тория, при котором выделяются альфа-лучи (ядра атомов гелия) и вещество после прохождения многих промежуточных стадий наконец превращается в свинец.

Различают три метода определения возраста на этой основе. Первый — гелиевый метод, при котором измеряется относительное количество образовавшегося и постепенно накапливающегося в минерале гелия. Этот метод дает меньшие значения возраста, чем остальные. Полагают, что это происходит потому, что гелий постепенно частично улетучивается; таким образом, этот метод не считается лучшим. Во-вторых, можно определить относительное количество конечного продукта распада, т. е. свинца, и сделать отсюда вывод о промежутке прошедшего времени. Наконец, третий метод — метод «плеохроических ореолов».* Такие ореолы (венчики) возникают благодаря тому, что выброшенные атомы гелия создают в породе вокруг радиоактивного вещества цветовой ореол очень маленьких размеров, который с течением времени увеличивается. По его величине можно определить продолжительность времени.

Таким образом, по Борну (см. Гутенберг [45]), возраст пород миоцена был определен в 6 млн. лет, миоцен-эоценовых пород — в 25 млн. лет и пород позднего карбона — в 137 млн. лет. Эти три показателя основываются на гелиевом методе.

По методу, основанному на относительном количестве свинца, получаются значительно бо́льшие цифры, в частности для позднего карбона — 320 млн. лет, а для альгонской эры, где гелиевый метод дал только 350 млн. лет, даже 1200 млн. лет. Эти определения значительно выше, чем оценки возраста по мощности отложений.[1]

Но поскольку мы в данном случае имеем дело главным образом со временем, лежащим в пределах третичного периода, где различные методы дают еще однородные результаты, эти данные удовлетворяют нашим целям. Поэтому мы можем взять за основу следующие числа:

---

* Автор имеет в виду один из методов ядерной геохронологии, основанный на паблюдении плеохроизма. *Плеохроизм* (греч.) — свойство некоторых двупреломляющих минералов неодинаково поглощать лучи света в разных направлениях, в результате чего в этих направлениях появляется различная окраска. Плеохроизмом могут обладать минералы из группы берилла, кварца, оливина, граната, а также турмалин, корунд, лабрадор и др. Предложенный в начале XX в. П. Кюри и Э. Резерфордом радиоактивный метод определения абсолютного возраста геологических пород и минералов успешно применяется в настоящее время, причем для оценки возраста до 60 000 лет большое значение приобрел радиоуглеродный метод. Неспециалистов мы отсылаем к краткой, но фундаментальной статье: Геохронология. — БСЭ, 1971, т. 6, с. 337—339. — *Примеч. пер.*

[1] Хотя не следует сомневаться в том, что геологические периоды в общем охватывают тем более длительные отрезки времени, чем более древними они являются, все же точка зрения Даке [171] не совсем неправильна, когда он считает, что такая продолжительность более древних периодов находится в противоречии с мощностью отложений и поэтому относится с недоверием к радиоактивному определению возраста. Для рассматриваемых здесь более поздних геологических периодов этот вопрос не играет никакой роли.

С	начала	третичного	периода	прошло	20	млн.	лет
»	»	эоцена	»	»	15	»	»
»	»	олигоцена	»	»	10	»	»
»	»	миоцена	»	»	6	»	»
»	»	плиоцена	»	»	3	»	»
»	»	четвертичного	»	»	1	»	»
»	»	послечетвертичного		»	от 10 до 50 000 лет		

С помощью этих чисел и определения расстояний перемещения материков мы сможем без труда нарисовать приблизительную картину перемещения, происходящего за один год, если предположим, что и дальше оно происходило с такой же скоростью. Правда, оба эти предположения недоступны проверке. Если к тому же учесть ненадежность определения возрастов, в которых вполне может быть ошибка на 50%, а то и на 100%,* а также неопределенность в установлении времени отрыва материков, то станет совершенно ясно, что и следующие числа могут служить лишь в качестве приблизительной ориентировки. Не стоит удивляться, если при последующем измерении получаются совершенно другие количественные оценки. Несмотря на это, такой приблизительный расчет весьма полезен, так как он привлекает внимание к тем районам, где имеется возможность измерить перемещение за более короткое время.

	Происшедшие за все время перемещения, км	Время отделения, млн. лет назад (приблизительно)	Годичное перемещение, м
Остров Сабине—Медвежьи острова	1070	0.05—0.1	21—11
Мыс Фарвель—Шотландия	1780	0.05—0.1	36—18
Исландия—Норвегия	920	0.05—0.1	18—9
Ньюфаундленд—Ирландия	2410	2—4	1.2—0.6
Буэнос-Айрес—Капштадт	6220	30	0.2
Мадагаскар—Африка	890	0.1	9
Индостан—Южная Африка	5550	20	0.3
Тасмания—Земля Уилкиса	2890	10	0.3

В таблице дано ожидаемое годичное увеличение расстояния для ряда наиболее интересных районов.

Итак, наибольшего изменения расстояния следует ожидать между Гренландией и Европой, Исландией и Европой, а также Мадагаскаром и Африкой. У Гренландии и Исландии движение происходит в направлении с востока на запад; следовательно, астрономические определения их местоположения могут дать лишь увеличение разности долготы, но не широты.

Действительно, с некоторых пор обратило на себя внимание увеличение разности долгот Гренландия—Европа. История этого открытия не лишена интереса. Когда я разработал теорию перемещения в ее первом, черновом, варианте, еще не были выполнены вычисления долготы по наблюдениям датской экспедиции в северо-восточную Гренландию (с 1906

* В настоящее время абсолютный возраст горных пород определяется точнее, но и в лучшем случае погрешность определения оценивается в 5%. — *Примеч. пер.*

по 1908 г. эти вычисления проводились под руководством Мюлиуса—Эриксена), в которой я сам принимал участие в качестве ассистента. Мне, однако, было известно, что наша экспедиция уже имела старые определения долготы и что посредством триангуляционной сети была осуществлена связь старого триангуляционного пункта на острове Сабине с нашим новым пунктом, расположенным на Данмарксхафене. Поэтому я написал картографу И. П. Коху, кратко изложив ему свою гипотезу о перемещении материков и спросив, отклоняются ли наши определения долготы ожидаемым образом от сделанных ранее определений. Тогда Кох выполнил предварительные вычисления и сообщил мне, что действительно имеется отличие от ожидаемого порядка величин, но что он, однако, не может поверить, что это связано с перемещением Гренландии. Затем при окончательных вычислениях Кох исследовал источники погрешностей, особенно учитывая дрейф, и пришел к заключению, что теория перемещения действительно является наиболее приемлемой [172]: «Из предыдущего следует, что источников ошибок ни отдельных, ни в совокупности недостаточно, чтобы объяснить разницу в 1190 м, которая имеется между положением пункта Хайштак по определениям, сделанным датской экспедицией и немецкой (с 1869 по 1870 г.). Единственный источник ошибки, который вообще в этой связи принимается во внимание, — это астрономическое определение долготы. Однако чтобы объяснить расхождение ошибочным определением положения обсерватории, мы должны были бы взять истинные погрешности астрономического определения долготы в четыре или пять раз больше средней погрешности».

Поскольку Сабине еще в 1823 г. определил долготу в северо-восточной Гренландии, то всего там имеются три определения. Правда, эти предыдущие определения проводились не совсем на том же месте; Сабине проводил наблюдения на южном берегу острова, носящего его имя, но, к сожалению, тут имеются некоторые, правда, не очень существенные сомнения в отношении точного места наблюдения, которое не отмечено. Бёрген и Копланд во время немецкой экспедиции 1870 г. вели наблюдения там же, но на несколько сотен метров восточнее. В сравнении с этим наблюдения Коха осуществлялись значительно севернее, в Данмарксхафене, на Германлянде, но места его наблюдений были связаны сетью триангуляции с островом Сабине. Вытекающая из такого перемещения места наблюдения неточность была тщательно изучена Кохом, который пришел к выводу, что ею можно пренебречь по сравнению с большими неточностями определения самой долготы. Наблюдение дает следующее увеличение расстояния между Северной Гренландией и Европой:

в промежутках времени	с 1823 по 1870 г. . . .	420 м	или 9 м в год,
	с 1870 по 1907 г. . . .	1190 м	или 32 м в год.

В то же время средние погрешности в трех сериях наблюдений составляют:

1823 г.	около	124 м
1870 г.	»	124 м
1907 г.	»	256 м

Однако Бурмейстер [173] вполне справедливо привел возражения, указав, что в случаях, когда идет речь о наблюдениях Луны, нельзя поручиться за реальность величины средней погрешности, как и в других случаях, прежде всего потому, что при наблюдении Луны могут возникать систематические погрешности, не проявляющиеся в средней погрешности. В наиболее неблагоприятном случае они по своей величине могут достигнуть значения, полученного по результатам этих экспедиций, или, возможно, даже превысить его. В связи с этим на основании указанных наблюдений можно было лишь заключить, что они прекрасно подходят к предположениям теории перемещения и могут быть лучше

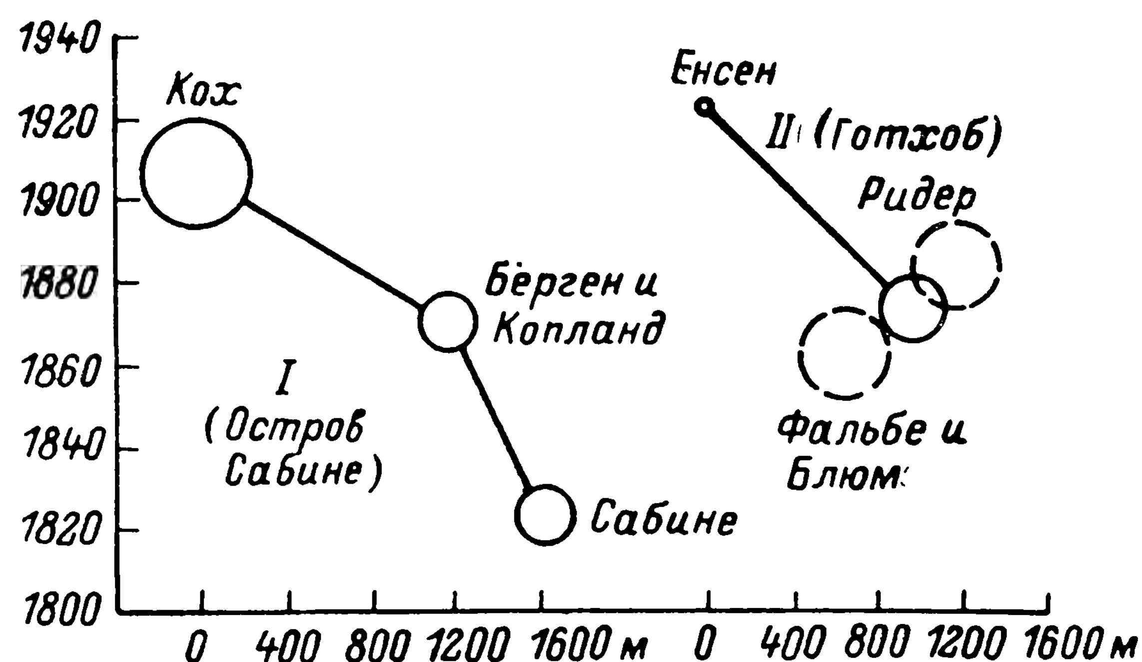


Рис. 6. Перемещение Гренландии по ранним определениям долготы.

всего ею объяснены, но все же не носят характера точного ее доказательства.

С тех пор этим вопросом занялась Датская служба градусных измерений (теперь Геодезический институт в Копенгагене). С этой целью П. Ф. Енсен [174] провел летом 1922 г. в Западной Гренландии новые определения долготы, пользуясь теперь намного более точным методом радиотелеграфной передачи времени. Сообщения о его результатах опубликованы на немецком языке А. Вегенером [175] и Штюкком [176]. Енсен провел там две работы. С одной стороны, он повторил прежнее измерение долготы у колонии Готхоб, чтобы иметь возможность сравнить его с более ранними наблюдениями. Прежние измерения относились частично к 1863 г. (Фальбе и Блюм), а частично к Международному полярному году 1882/83 (Ридер) и, конечно, были получены по наблюдениям Луны и соответственно неточны. Поэтому Енсен свел их к среднему измерению, соответствующему 1873 г. Этому измерению он противопоставил свое собственное, намного более точное и прежде всего свободное от возможных более крупных систематических погрешностей. Результатом и этих измерений было перемещение Гренландии на запад на 980 м за указанный промежуток времени, или на 20 м в год.

Эти измерения вместе с результатами восточно-гренландских наблюдений представлены мной для наглядности на рис. 6, причем радиус отдельных окружностей выбран на шкале абсцисс соответственно равным средней погрешности ряда измерений в метрах; благодаря этому сразу

бросается в глаза значительно бо́льшая точность наблюдений Енсена. Наблюдения I относятся к острову Сабине в северо-восточной Гренландии, II — к Готхобу в Западной Гренландии. Здесь наряду с упомянутым выше средним значением более ранних наблюдений нанесены также значения 1863 г. и даже 1882/83 гг.; их расхождение, однако, имело бы противоположный знак, но при краткости промежутка времени в данном случае можно усматривать, пожалуй, лишь влияние их неточности. Все же по сравнению с более поздними наблюдениями Енсена каждое из них дает возрастающую со временем географическую долготу. Итак, в целом теперь налицо уже четыре независимых друг от друга сравнения:

Кох—Бёрген и Копланд,
Кох—Сабине,
Енсен—Фальбе и Блюм,
Енсен—Ридер.

Все они без исключения свидетельствуют в пользу теории перемещения материков. Хотя все эти сравнения целиком или частично грешат тем, что основываются на наблюдениях Луны, возможно связанных с неконтролируемыми систематическими погрешностями, все же благодаря такому накоплению однородных результатов, которым не противопоставляются другие, мало вероятно, что во всех случаях имеет место неблагоприятное сложение предельных погрешностей наблюдений.

Датская служба градусных измерений, к счастью, включила в программу своей работы повторные определения долготы через регулярные промежутки времени. В соответствии с этим вторая работа Енсена заключалась в организации пригодной для указанных целей станции у Корнока в климатически благоприятной внутренней части фиорда Готхоб и в проведении первого основополагающего определения ее географической долготы с помощью точной радиотелеграфной передачи времени. Он нашел для долготы Корнока в 1922 г. значения:

по наблюдению звезд: 3 ч 24 мин 22.5 с ± 0.1 с к западу от Гринвича,
по наблюдению Солнца: 3 ч 24 мин 22.5 с ± 0.1 с к западу от Гринвича.

Это определение в Корноке повторил летом 1927 г. обер-лейтенант Сабель-Ергенсен [209], в частности воспользовавшись таким современным микрометром, который исключал персональные ошибки. В результате точность по сравнению с измерениями Енсена существенно повысилась.

Ожидаемый с нетерпением результат гласил:[2] долгота Корнока в 1927 г. составляет 3 ч 24 мин 23.405 с ± 0.008 с.

Сравнение с измерением Енсена дает увеличение разности долготы от Гринвича, т. е. расстояние Гренландии от Европы по долготе увеличивается на 0.9 временны́х секунды за 5 лет, или на 36 м в год.

---

[2] Приношу сердечную благодарность директору Геодезического института в Копенгагене, господину профессору Норлунду, за его разрешение поместить здесь еще не опубликованный результат.

Поскольку величина в девять раз больше средней погрешности наблюдений получена при радиотелеграфном методе передачи времени, исключающем крупные источники систематических погрешностей, этим доказывается еще и теперь продолжающееся перемещение Гренландии, хотя и выдвигается маловероятная гипотеза о том, что персональная ошибка Енсена составила 9/10 временны́х секунды.

Измерения в Корноке будут продолжаться и в дальнейшем через каждые пять лет по методу, исключающему персональные ошибки наблюдений. Интересно еще точнее определить количественную величину годичного перемещения и установить, происходит ли это перемещение с одинаковой скоростью или она изменяется.

Благодаря этому первому точному астрономическому доказательству дрейфа материков, которое полностью подтверждает предсказание теории перемещения, все дискуссии на эту тему, по моему мнению, поставлены на новую основу. От вопроса о ее принципиальной справедливости теперь перешли к вопросу о правильности ее отдельных положений.

Наша таблица показывает,* что условия измерений смещения Северной Америки относительно Европы менее благоприятны, чем в Гренландии. Условия здесь потому благоприятны, что не зависят от наблюдений Луны, так как ранние определения долготы в Северной Америке делались по телеграфному кабелю. Зато в противовес этому ожидаемые изменения здесь очень малы. Согласно нашей таблице, можно ожидать, что расстояние в данном случае будет возрастать примерно на 1 м в год, причем эти оценки являются средними для промежутка времени, прошедшего с начала обособления Ньюфаундленда от Ирландии. С тех пор благодаря отчленению Гренландии, по-видимому, изменилось направление движения Северной Америки; мало того, оно как будто превратилось в южное. Такой вывод вытекает из наблюдений над современным относительным положением соответствующих пунктов на побережье Лабрадора и юго-западной Гренландии; это подтверждается и направлением трещин при землетрясениях у Сан-Франциско (о которых подробнее будет сказано в дальнейшем), равно как и начинающимся погружением полуострова Калифорния. Поэтому в настоящее время трудно сказать, насколько действительно велико предполагаемое изменение долготы; во всяком случае, его значение должно быть немного меньше, чем 1 м в год.

Из более ранних трансатлантических определений долготы в 1866, 1870 и 1892 гг., полученных с помощью кабеля, в свое время я определил фактическое увеличение расстояния даже на 4 м в год. Согласно Галле [177], следовало бы обосновать этот результат только на некоторых исходных комбинациях измерений. Эти комбинации принципиально трудны потому, что как в Европе, так и в Северной Америке ранние измерения проводились не в одних и тех же местах; таким образом, приходилось учитывать еще и разницу долгот внутри континента, для которых различными способами были получены разные значения, что повлияло на результат. Незадолго до мировой войны, принимая во внимание нашу задачу, велись новые определения долгот в Америке, которые контролировались посредством телеграфных измерений. Хотя изме-

* См. таблицу на с. 38. — *Примеч. пер.*

рения преждевременно были прекращены из-за разрыва кабеля в начале войны и вследствие этого результат не имел достаточной точности, все же, по-видимому, можно заключить, что изменение слишком мало, чтобы его приводить с уверенностью. Для разности долгот Кембридж—Гринвич было найдено [178]:

1872 г. . . . . . 4 ч 44 мин 31.016 с,
1892 г. . . . . . 4 ч 44 мин 31.032 с,
1914 г. . . . . . 4 ч 44 мин 31.039 с.

Наиболее раннее определение, которое я нашел, — 4 ч 44 мин 30.89 с — здесь опускается как явно неточное.

С 1921 г. с помощью радиотелеграфного сигнала времени проводятся систематические определения разности долгот между Европой и Северной Америкой. Их результаты получены до 1925 г. и рассмотрены Ванахом [179]. Поскольку в данном случае речь идет о четырех годах, неудивительно, что в этих определениях увеличение расстояния просматривается еще не совсем отчетливо. Однако эти наблюдения ни в коей мере не противоречат прежним выводам; напротив, если их объединить, то они дадут годичное движение Америки на запад, соответствующее 0.6 м, с вероятной ошибкой ±2.4 м. Ванах заключает: «Пока нельзя ничего сказать больше, кроме того, что возможное перемещение Америки по отношению к Европе на величину, значительно превышающую 1 м в год, абсолютно невероятно». Так же считает Бреннеке [229]: «Хотя полученный таким образом материал и не говорит в пользу перемещения континентов в указанных выше размерах, но он ни в коей мере и не опровергает этого. Необходимо, видимо, подождать с решением». Следует учесть, что при новых радиотехнических наблюдениях совершенно без внимания оставлены наблюдения, полученные с помощью кабеля. Это оправдывается постольку, поскольку последние наблюдения значительно ниже по точности, чем радиотелеграфные. Однако возможно, что этот недостаток компенсировался бы значительно бóльшим промежутком времени, который имеется в нашем распоряжении. Поэтому все же имело бы смысл объединить старые наблюдения с новыми. Это следует предоставить геодезистам. Я не сомневаюсь в том, что в не столь отдаленное время все же удастся точно измерить перемещение Северной Америки относительно Европы.

Недавно обратили внимание на изменение географических координат острова Мадагаскар. Географическая долгота обсерватории в Тананариве была определена в 1890 г. по наблюдениям лунной кульминации, а после разрушения обсерватории и восстановления ее на том же месте долготу определяли радиотелеграфным способом в 1922 и 1925 гг. [180]. По любезному письменному сообщению профессора Ш. Морена, в Париже имеются три следующие позиции:

Год	Наблюдатель	Метод	Долгота (к востоку от Гринвича)
1889—1891	П. Колен	Лунно-кульминационный	3 ч 10 мин 07 с
1922	П. Колен	Радиотелеграфный	3 ч 10 мин 13 с
1925	П. Пуассон	»	3 ч 10 мин 12.4 с

Эти значения указывают на перемещение Мадагаскара относительно меридиана Гринвича на значительную величину — от 60 до 70 м в год. В нашей таблице на с. 38 указана значительно меньшая величина для перемещения относительно Африки.

Итак, видимо, Южная Африка также движется относительно Гринвича на восток. По этому поводу теория перемещения не может дать подходящего объяснения из-за большой отдаленности этого района. Можно надеяться, что в будущем будут производиться также определения долгот Южной Африки, чтобы, таким образом, иметь возможность проверить разность долгот Мадагаскара и Южной Африки и выяснить, насколько она соответствует теории перемещения. Необходимы были бы также повторные точные определения широт в обоих этих местах, чтобы путем измерений можно было бы проследить за другими компонентами относительного движения Мадагаскара и Африки. Однако наблюдаемое изменение долготы Мадагаскара во всяком случае происходит согласно теории перемещения. Естественно, здесь следует также учесть, что самое раннее измерение производилось по наблюдениям Луны. Поэтому возникают такие же возражения, какие выдвигались относительно рассмотренных выше измерений в северо-восточной Гренландии. Однако общее перемещение, которое здесь составляет почти 2.5 км, так велико, что трудно предположить, что оно полностью основано на погрешностях наблюдений. На Мадагаскаре предусмотрены повторные наблюдения, так что в недалеком будущем предполагается получить там надежные результаты.

На Геодезическом конгрессе 1924 г. в Мадриде и затем на заседании Международного астрономического союза в 1925 г. был составлен обширный план наблюдений за перемещением материков посредством радиотелеграфных определений долготы. Согласно этой программе, такие измерения должны проводиться не только в Европе и Северной Америке, но также в Гонолулу, в Восточной Азии, Австралии и в Индокитае. Первая серия измерений, согласно этой программе, осуществлялась осенью 1926 г. О результатах, полученных французской стороной, только что сообщил Г. Ферри [213]. Возможные изменения будут установлены, естественно, лишь после повторных измерений. Следует отметить, что в этом плане мало внимания уделяется вопросу о том, в каких местах Земли по теории перемещения можно ожидать измеримых изменений. Однако примеры Гренландии и Мадагаскара позволяют надеяться, что план будет еще сориентирован в этом направлении. Во всяком случае, видно, что происходит точная проверка теории перемещения путем повторных, в большом масштабе, астрономических определений местоположения геодезических пунктов и что уже получены первые доказательства ее правильности.

В заключение следует еще напомнить об изменениях широт, давно наблюдаемых в европейских и североамериканских обсерваториях.

Как сообщает Гюнтер [181], А. Холл рассматривал следующие достоверные уменьшения широт: в окрестностях Парижа на 1.3″ в 28 лет; вблизи Милана на 1.51″ в 60 лет; вблизи Рима на 0.17″ в 56 лет; вблизи Неаполя на 1.21″ в 51 год; вблизи Кенигсберга в Пруссии на 0.15″ в 23 года; в Гринвиче на 0.51″ за 18 лет. В Пулкове Костинским и Соко-

ловым также установлено вековое уменьшение широты. К тому же в Северной Америке вблизи г. Вашингтона наблюдалось уменьшение широты на 0.47″ за 18 лет.

Сделав открытие, что вследствие так называемой рефракции зала * в куполе могут возникать систематические, аналогичные по величине погрешности, долгое время относили все такие отклонения за счет этого источника ошибок.

Между тем увеличилось число высказываний, по которым такие изменения все же следует рассматривать как реальные, в особенности с тех пор, как Ламберт [182] показал, что широта Юкайа в Калифорнии и других североамериканских станций в настоящее время явно изменяется. В новой работе [221] Ламберт утверждает: «Международные станции (службы широты) являются не единственными, где фиксируются неожиданные изменения широты. Рим, по-видимому, изменил свою широту с 1855 г. на 1.45″. Систематическое изучение таких аномалий было бы крайне желательно».

Однако удивительно, что современное смещение широт происходит в противоположном направлении по отношению к приведенным выше более ранним данным, ибо широта обсерватории Юкайа возрастает.

Объяснение этих изменений широты затруднительно по той причине, что оно может основываться как на перемещении материков, так и на миграции полюсов, причем последнее нет необходимости связывать со взаимным изменением долгот материков. Как будет показано более обстоятельно ниже, в последнее время по измерениям Международной службы широты удается доказать современную миграцию полюсов, вследствие которой Северный полюс перемещается в направлении Северной Америки. Благодаря этому на североамериканских станциях происходит увеличение широты. Но величина этой миграции полюса, по имеющимся данным, меньше, чем увеличение широты, наблюдаемое в Северной Америке. Следовательно, если в будущем не выявится большего смещения полюса, то необходимо будет сделать вывод, что Северная Америка перемещается на север по отношению к остальной земной поверхности. Это было бы весьма примечательно, так как некоторые признаки говорят о том, что она движется на юг относительно подкоровых слоев. Полное объяснение таких фактов будет возможно, пожалуй, только на основе серии длительных наблюдений. И кажется сомнительным, что при подобных обстоятельствах вообще когда-либо придут к четкому объяснению более ранних изменений.

Глава четвертая

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ АРГУМЕНТЫ

Статистическое распределение высотных отметок относительно уровня моря, рассматриваемое для всей земной коры, приводит к примечательному выводу: существуют два максимума, соответствующих наиболее ча-

* Возникновение систематических погрешностей, обусловленных деформациями здания обсерватории. — *Примеч. пер.*

сто встречающимся значениям высот, в то время как промежуточные значения относительно редки. Верхнее значение соответствует положению континентальных плато, нижнее — океаническим впадинам. Если представить всю земную поверхность разделенной на площадки в 1 кв. км и распределить последние в соответствии с их высотой относительно уровня моря, то в результате получится хорошо известная гипсометрическая кривая земной поверхности (рис. 7). На ней отчетливо обнаруживаются две ступени. Распространенность (частота) различных

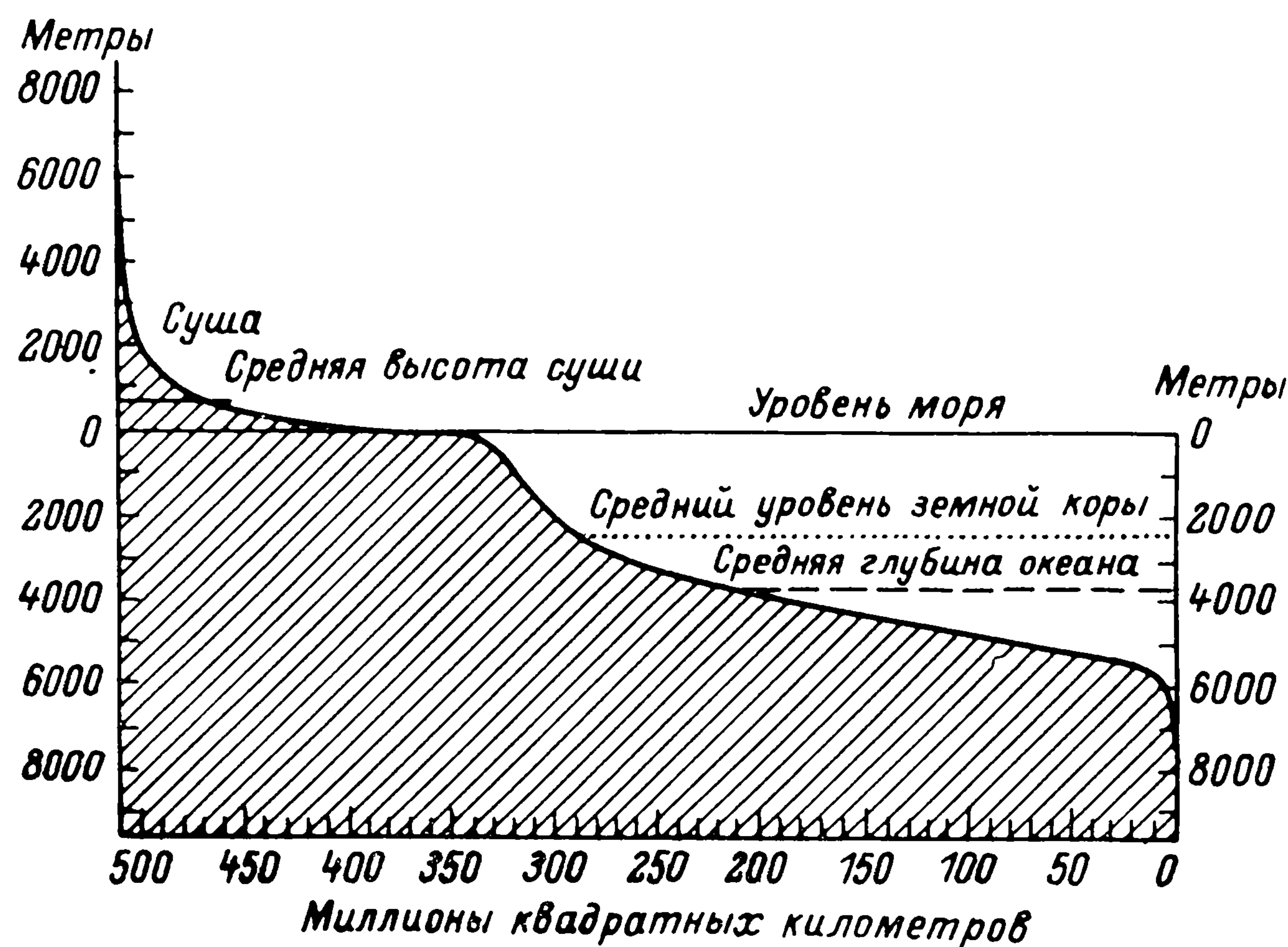


Рис. 7. Гипсометрическая кривая земной поверхности (по Крюммелю).

ступеней уровня получается такой же, как и в вычислениях Вагнера [28].[1]

	Глубины							Высоты				
км	<6	5—6	4—5	3—4	2—3	1—2	0—1	0—1	1—2	2—3	>3	км
%	1.0	16.5	23.3	13.9	4.7	2.9	8.5	21.3	4.7	2.0	1.2	%

Этот ряд лучше представлен в иной форме, составленной Трабертом [31] на основе несколько более ранних данных, которые лишь незначительно отличаются от наших. Рис. 8 иллюстрирует кривую распределения частоты уровней; он построен Трабертом по 100-метровым приращениям высотных отметок, вследствие чего числа процентов соответствуют одной десятой приведенных в нашей таблице. Два максимума здесь приблизительно соответствуют 4700-метровой глубине и 100-метровой высоте относительно уровня Мирового океана.

Рассматривая эти цифры, необходимо иметь в виду, что с увеличением количества измерений крутизна склона от края материка или ма-

[1] Приводимые распределения основываются на данных по батиметрии океанов, обобщенных Кассинна [29]. Наш рисунок заимствован из более ранних, но мало отличающихся данных Крюммеля [30] и Траберта [31].

терикового шельфа в сторону глубокого океана становится все более резкой, как это явствует из сравнения любой из ранних карт морских глубин с более поздними картами Гролля [32], рассматриваемыми нами. Например, не позднее чем в 1911 г. Траберт определял 4% для интервала глубин 1—2 км и 6.5% для интервала 2—3 км, тогда как в настоящее время мы видим, что Вагнер, данные которого базируются исключительно на картах Гролля, дает только 2.9 и 4.7% соответственно для тех же самых интервалов. Поэтому есть основание ожидать, что в будущем два отмеченных максимума частоты распределения высотных отметок будут выделяться еще резче, чем по современным наблюдениям.

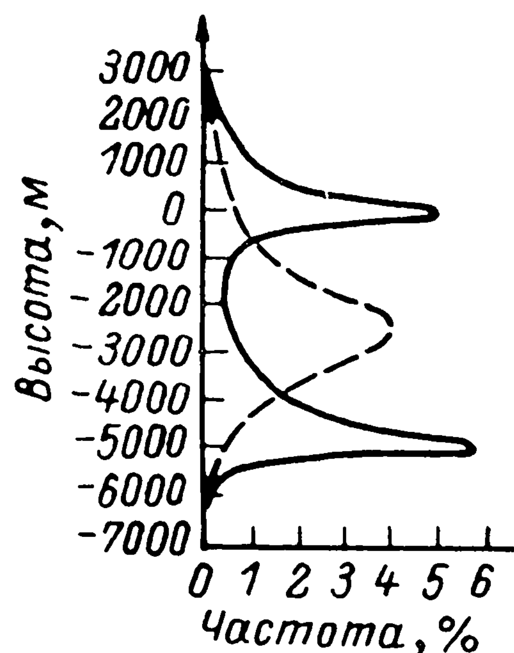


Рис. 8. Два максимума частоты в распределении высот.*

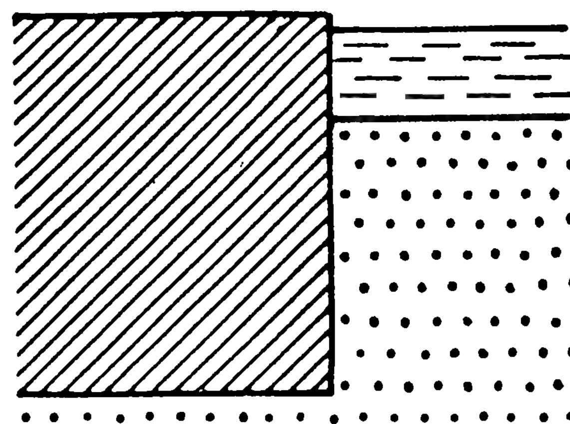


Рис. 9. Схематический поперечный разрез через континентальную окраину.

Горизонтальная штриховка — вода.

Во всей геофизике трудно найти другой закон с такой же степенью ясности и достоверности, как этот, — о двух наиболее часто встречающихся уровнях земной поверхности, занимающих противоположное положение и представленных соответственно континентами и океаническими впадинами. Поэтому удивительно, что этому закону, давно уже хорошо известному, никто еще не пытался дать объяснение. Если бы в соответствии с обычными геологическими представлениями высоты проявлялись бы через поднятия, а глубины — через погружения относительно одного единственного исходного уровня, то, само собой разумеется, частота в распределении уровней была бы тем меньше, чем больше значения высот или глубин. В этом случае результирующая кривая распределения должна была бы приблизительно соответствовать кривой Гаусса, характеризующей случайные отклонения (пунктирная кривая на рис. 8). Таким образом, должен был существовать один максимум, приблизительно совпадающий со средним уровнем поверхности земной коры (—2450 м). Вместо этого наблюдаются два максимума, из которых каждый подчиняется закону Гаусса. Мы должны отсюда заключить, что одновременно существуют два ненарушенных исходных уровня. Ход кривых приводит к неизбежному заключению, что на материках, с одной

* Речь идет о распространенности поверхностей дна и суши, имеющих данный уровень. — *Примеч. ред. перевода.*

стороны, и на дне океанических впадин — с другой, мы имеем дело с двумя различными оболочками земной коры, которые, образно выражаясь, ведут себя как открытая вода и большие ледяные поля.

На рис. 9 дан схематический поперечный разрез через материковый склон согласно этим новым представлениям.

Благодаря этому мы впервые получили приемлемое решение старого вопроса о соотношении больших глубоководных бассейнов и континентальных блоков. Уже в 1878 г. А. Гейм [33] коснулся этой проблемы и констатировал: «Пока не будут сделаны более точные наблюдения относительно перемещений континентов в геологическом прошлом и более точные измерения величины компенсирующего сжатия большинства гор, едва ли можно ожидать существенно обоснованного прогресса в понимании первопричинной взаимосвязи гор и континентов и конфигурации последних по отношению друг к другу».

Но эта проблема заявляла о себе все настойчивее, по мере того как более многочисленными становились промеры глубин в океанах и вследствие этого более резко вырисовывалась разница между обширными ровными площадями дна океана и также ровными, но расположенными на 5 км выше континентальными площадями. В 1918 г. Е. Кайзер [34] писал: «По сравнению с объемом этих каменных громадин (континентальных глыб) все материковые возвышенности кажутся незначительными и маловажными. Даже такие высокие горы, как Гималаи, оказываются небольшими морщинами на поверхности основания этих цоколей. Уже этот факт указывает ныне на несостоятельность старого мнения, согласно которому горы представляют собой основной каркас («костяк») континентов... Скорее мы должны предполагать обратное, что континенты представляют собой более древние и определяющие образования, а горы являются образованиями второстепенными, более молодыми».

Решение этой проблемы, предложенное теорией дрейфа, настолько просто и очевидно, что едва ли возникнет повод к появлению противоположных высказываний. Несмотря на это, некоторые противники дрейфа делали попытки дать другое объяснение двойному максимуму частоты распределения высот. Однако эти попытки не были успешными. Так, Зоргель [35] считал, что если от исходного уровня поверхности, с одной стороны, часть будет поднята, а с другой — опущена и если промежуточная часть будет сильно уменьшена благодаря более крутому положению, то должны будут образоваться два максимума частоты, соответствующие поднятым и опущенным частям. Г. В. и А. В. Дуглас [36] также полагали, что если исходный уровень благодаря складчатости превращается в синусоидальную волнистую поверхность, то должны установиться два максимума частоты, которые соответствуют гребням и ложбинам волн. Оба эти мнения базируются на одной и той же основной ошибке — в данном случае смешивается единичный процесс со статистическим результатом. Для последнего геометрическая форма единичного процесса совершенно не имеет значения. Речь идет именно лишь о том, могут ли встречаться два максимума частоты при бесконечно большом числе поднятий и опусканий (по терминологии Зоргеля) или складок (по терминологии Дугласа), при которых в отдельных случаях произвольно варьируют величины уровней. Очевидно, это может быть верно только

тогда, когда действенна некоторая тенденция выбора предпочтительных уровней. Однако этого не происходит. Для поднятий и опусканий, как и для высот складок, мы знаем лишь одно правило: они тем реже, чем они больше. Поэтому у них всегда наибольшая частота приходится на исходный уровень. От этого уровня частота должна уменьшаться как вверх, так и вниз, согласно закону погрешностей Гаусса.

Следует также напомнить о том, что некоторые авторы, как, например, Траберт [31], высказывали мнение, что глубоководные бассейны образовались вследствие большего охлаждения пород дна под влиянием холодной воды океана. Но как раз из вычислений Траберта следует, что для этого нужно было бы принять охлаждение секторов дна океана до центра Земли. Поскольку это оказывается неприемлемым, расчеты Траберта могут скорее опровергнуть это представление, чем доказать его правильность. Кроме того, легко заметить, что таким образом мы можем получить лишь общую тенденцию к дальнейшему углублению уже существующих депрессий земной поверхности, но не можем объяснить существования поверхности дна, находящейся во всех океанах почти на одинаковой глубине, т. е. второго максимума распределения, как это подчеркнул недавно Нансен [222]. Следует отметить, что к этому объяснению, впервые высказанному еще Фаем, в настоящее время обращаются все реже, тем более что благодаря открытию радия в земной коре совершенно изменилась основа для определения теплового баланса Земли.

Естественно, необходимо сразу же предостеречь от переоценки вышеизложенной новой концепции о природе дна океана. Уже при нашем сравнении материковых глыб с плоскими айсбергами нужно иметь в виду, что поверхность моря между льдинами может снова покрыться новым льдом и что позднее водную поверхность могут покрыть более мелкие осколки айсберга, отколовшиеся от его верхнего края или всплывшие с его основания, находящегося глубоко под водой. Нечто подобное может происходить, естественно, также в некоторых местах дна океана. Острова большей частью являются крупными обломками континентов, которые своим основанием уходят на 50 км ниже океанического дна, как это предполагается по данным гравиметрических измерений. Далее следует учесть, что континентальные глыбы, какими бы они ни были хрупкими на поверхности, на значительной глубине становятся пластичными и могут принимать тестообразное состояние, так что при разделении глыб континентальный материал соответственно измененной мощности может распространяться на меньшие или бóльшие площади дна океана. Особенно неоднородным в этом смысле считается дно Атлантического океана, которое разделено на две части меридиональным Средне-Атлантическим валом. Но и другие глубоководные бассейны со своими цепями островов и подводными возвышениями обнаруживают то же строение. На подробностях мы остановимся ниже, в разделе о дне океанов.

Не исключено, что рассматриваемая здесь схема в ходе дальнейшего исследования подтвердится лишь в главных чертах и что для точного отражения деталей потребуется точное описание истинной обстановки. Лично я [37] при статистическом исследовании первых измерений эхолотом, проведенных американцами через Северную Атлантику, нашел, что главный максимум частоты распределения в этом месте значительно

ниже, на глубине около 5000 м, и что, с другой стороны, вторичный максимум частоты можно было увидеть на глубине 4400 м. О реальности этого последнего максимума, указывающего на многослоистую структуру, можно будет судить только на основе более многочисленных измерений эхолотом, которые проводит немецкая экспедиция «Метеор».

Естественно возникает вопрос, сходится ли с прочими результатами геофизики гипотеза о принципиальном различии континентальных глыб и дна бассейнов океана, вернее говоря, можно ли с этой стороны дать подтверждение ее правильности.

Что касается упомянутой уже раньше теории изостазии, то она, конечно, находится в полном согласии со всем кругом представлений теории дрейфа материков. Однако прямое доказательство правильности теории дрейфа едва ли можно получить таким путем. Ниже мы остановимся несколько подробнее на этих исследованиях.

Разработанное Праттом учение об изостазии (слово было введено Даттоном впервые в 1892 г.) находит свое физическое обоснование в результатах гравитационных измерений. Уже в 1855 г. Пратт утверждал, что Гималаи не оказывают ожидаемого притяжения на маятник. По Коссмату, например, в Калиане, в долине Ганга, удаленной на 56 английских миль от подножия горы, северные компоненты отклонения отвеса составляют лишь одну дуговую секунду, в то время как притяжение гор должно было бы вызвать отклонение в 58 дуговых секунд. Отклонение отвеса у Джалпайгури также составляет только одну дуговую секунду вместо 77. Этому соотвествует повсюду подтвердившийся факт, что сила тяжести вблизи больших гор не изменяется в ожидаемой степени по сравнению с нормальной величиной, поскольку эффект притяжения горных массивов компенсируется некоторого рода дефицитом глубоко залегающих масс. Такой вывод следует из работ Эри, Фая, Гельмерта и других, как уже было наглядно показано в обзоре Коссмата [38]. На океанах также обнаружилось, что сила тяжести приблизительно соответствует среднему (нормальному) значению, несмотря на явный большой дефицит масс, который представляют собой океанические бассейны, хотя более ранние измерения на островах и допускали разнообразные интерпретации. Однако сомнения были устранены, когда Геккер, следуя предположению Мона, провел гравитационные измерения на борту движущегося судна, пользуясь одновременно ртутным барометром и гипсотермометром. Недавно голландскому геодезисту Венинг-Мейнесу [39] удалось применить значительно более точный маятниковый метод для гравиметрических измерений с подводной лодки. Результаты первых исследований такого рода полностью подтвердили вывод Геккера о том, что в океанах действует изостазия, т. е. дефицит масс, который соответствует плотности воды в бассейнах океана и компенсируется избытком глубинных масс.*

На протяжении длительного времени выдвигались различные предположения относительно этих глубинных избыточных и недостаточных масс.

---

* Дефицит масс связан с тем, что плотность воды, заполняющей впадины океанов (1.03 г/см^3), значительно ниже плотности горных пород (2.2—3 г/см^3), залегающих на таком же уровне на материках. — *Примеч. ред. перевода.*

Пратт представлял себе земную кору наподобие слоя теста, который первоначально был повсюду одинаковой толщины. Затем, в результате какого-то разуплотнения, толщина этого слоя возросла на континентах, а в океанических областях уменьшилась. В такой схеме, чем больше возвышается поверхность над уровнем моря, тем меньше должна быть плотность или удельный вес земной коры. Однако ниже так называемого уровня компенсации (находящегося на глубине примерно 120 км) исчезают все горизонтальные различия плотности (рис. 10). Эта гипотеза, в дальнейшем развитая Гельмертом и Хайфордом, применялась повсюду для количественной обработки данных по измерениям силы тяжести. В настоящее время она особенно наглядно представлена В. Боуи [224], который для подтверждения идеи пользуется следующим экспериментом:

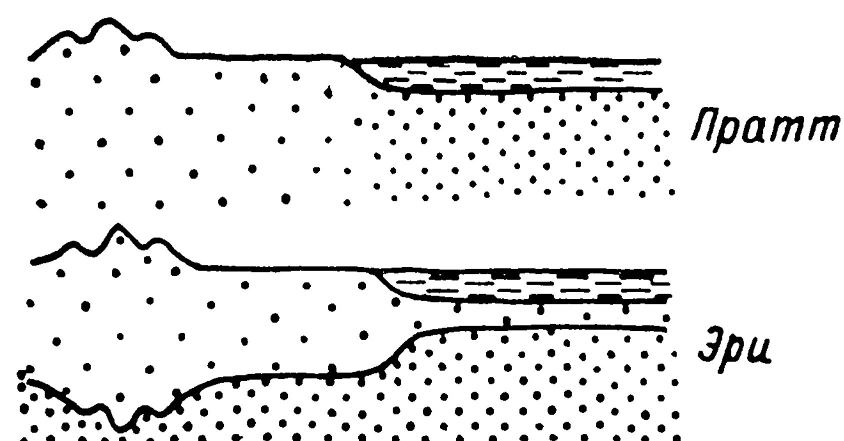


Рис. 10. Схемы изостазии по гипотезам Пратта и Эри.

он пускает плавать на ртути некоторое количество призм, состоящих из различных материалов — меди, железа, цинка, пирита и других, — с различным удельным весом. Призмы должны иметь как раз такую высоту, чтобы они все погружались в ртуть на одинаковую глубину. Их общая поверхность основания будет соответствовать тогда уровню компенсации. Вследствие различного удельного веса их поверхности поднимаются на различную высоту над уровнем ртути, самый тяжелый материал — ниже всех, самый легкий — выше всех. Такое толкование гравитационных данных находит известную поддержку в следующем наблюдаемом факте: материал земной коры тем легче, чем выше над уровнем моря он находится. Но предположение, что различие в плотности повсюду доходит лишь до совершенно определенной глубины, т. е. поверхности компенсации, является невероятным с точки зрения физики, что легче всего можно выявить на примере опыта Боуи. Для того чтобы именно эти различные призмы погружались своей нижней частью на одинаковую глубину, их высоты должны находиться в совершенно определенном соотношении, обусловленном плотностью. Следовательно, если мы разделим земную кору на призмы из различного материала, то один и тот же материал, где бы он ни встречался на Земле, должен иметь всегда совершенно определенную толщину (мощность), которая относительно других материалов находится в соотношении, установленном раз и навсегда, точно соответствующем плотности. Для такой связи между материалом (или его плотностью) и мощностью, которая ведет к произвольному обусловливанию постоянного базового уровня всех призм, нельзя указать никакой естественной причины.

Такие геодезисты, как Швейдар [40] и Хейсканен [41, 42], в настоящее время применяют для толкования гравитационных измерений другую гипотезу, выдвинутую уже в 1859 г. Эри. Соответствующая схема изображена на рис. 10.

Гейм был, пожалуй, первым, кто предположил, что под горами легкая кора утолщена, а тяжелая магма, на которой она плавает, залегает в этом месте на более значительной глубине. В противоположность возвышенностям сравнительно легкая кора должна быть особенно тонкой под глубоколежащими частями земной поверхности, такими как океанические бассейны. Итак, здесь предполагаются только два материала: легкая кора и тяжелая магма. Боуи иллюстрирует эту гипотезу опытом, соответствующим проведенному ранее, заставляя плавать на ртути некоторое количество призм различной высоты, но изготовленных из одинакового материала (меди). Конечно, они погружаются на различную глубину; самая длинная призма погружается наиболее глубоко, но одновременно имеет также самую высокую поверхность. Неоднократно подчеркивалось, что эта гипотеза Эри значительно лучше подходит к геологической картине земной коры и согласуется с бо́льшим сжатием (сокращением поверхности) земной коры в складчатых горах лучше, чем гипотеза Пратта. С другой стороны, она оставляет невыясненной причину двойного максимума на частотной кривой распределения высот земной поверхности, так как нельзя понять, почему легкая кора должна быть представленной в двух принципиально различных мощностях, а именно в виде толстых континентальных глыб и тонких океанических плит.

Правильное объяснение, вероятно, можно найти в объединении обеих гипотез. В горных возвышенностях, по Эри, мы имеем дело в основном с утолщениями легкой континентальной коры, но при переходе от континентальной глыбы к океану существенным становится различие в составе блоков, соответствующее гипотезе Пратта.

Новейшее развитие изостатической теории касается прежде всего вопроса о рамках ее применения. Для более крупных глыб, как, например, целого континента или океана, несомненно следует принять изостазию без более детальной ее модификации. Но в случае глыб малого размера, например в зонах отдельных гор, этот закон утрачивает свое действие. Такие мелкие блоки могут поддерживаться эластичностью всей глыбы, подобно камню, который положен на плавающую льдину. Изостатическое равновесие устанавливается тогда между льдиной и камнем, рассматриваемыми совместно (в целом), и водой. Поэтому гравитационные измерения, сделанные на континентах на таких геологических структурах, диаметр которых измеряется сотнями километров, очень редко показывают отклонения от изостазии. Но если диаметр структуры составляет десятки километров, то имеет место преимущественно частичная компенсация, а если он составляет только несколько километров, то компенсация большей частью отсутствует вообще. Положена ли в основу более старая гипотеза Пратта или гипотеза Эри и Хейсканена, в любом случае рассмотрение гравитационных измерений на океанах, которые не дают никаких сведений о большом и явном дефиците масс бассейна океана, приводит к выводу, что дно океана состоит из более плотного и тяжелого материала, чем континентальные глыбы. Конечно, таким путем нельзя это

точно доказать, но с помощью предварительных расчетов можно сделать весьма вероятное предположение, что высокая плотность дна океана обусловлена не только различием физического состояния, но также и различием материала. Грубые расчеты, основанные на приемлемых предпосылках, показывают, что это весьма вероятно.

Теория изостазии служит также непосредственным критерием при рассмотрении вопроса о возможности горизонтального перемещения континентов. Выше уже указывалось на изостатические компенсационные движения, прекраснейшим примером которых является продолжающийся еще и теперь подъем Скандинавии приблизительно на 1 м в столетие. Это поднятие можно рассматривать как результат разгрузки, произошедшей более 10 000 лет тому назад благодаря таянию слоя льда — ледяной шапки материка. Наибольшее поднятие в настоящее время можно наблюдать именно там, где лед исчез позже всего. Это очень хорошо видно на составленной Виттингом карте, приведенной на рис. 11 (по Борну [43]). Борн [43] показал, что эта область поднятия характеризуется минимумом силы тяжести, насколько это можно судить по еще скудным

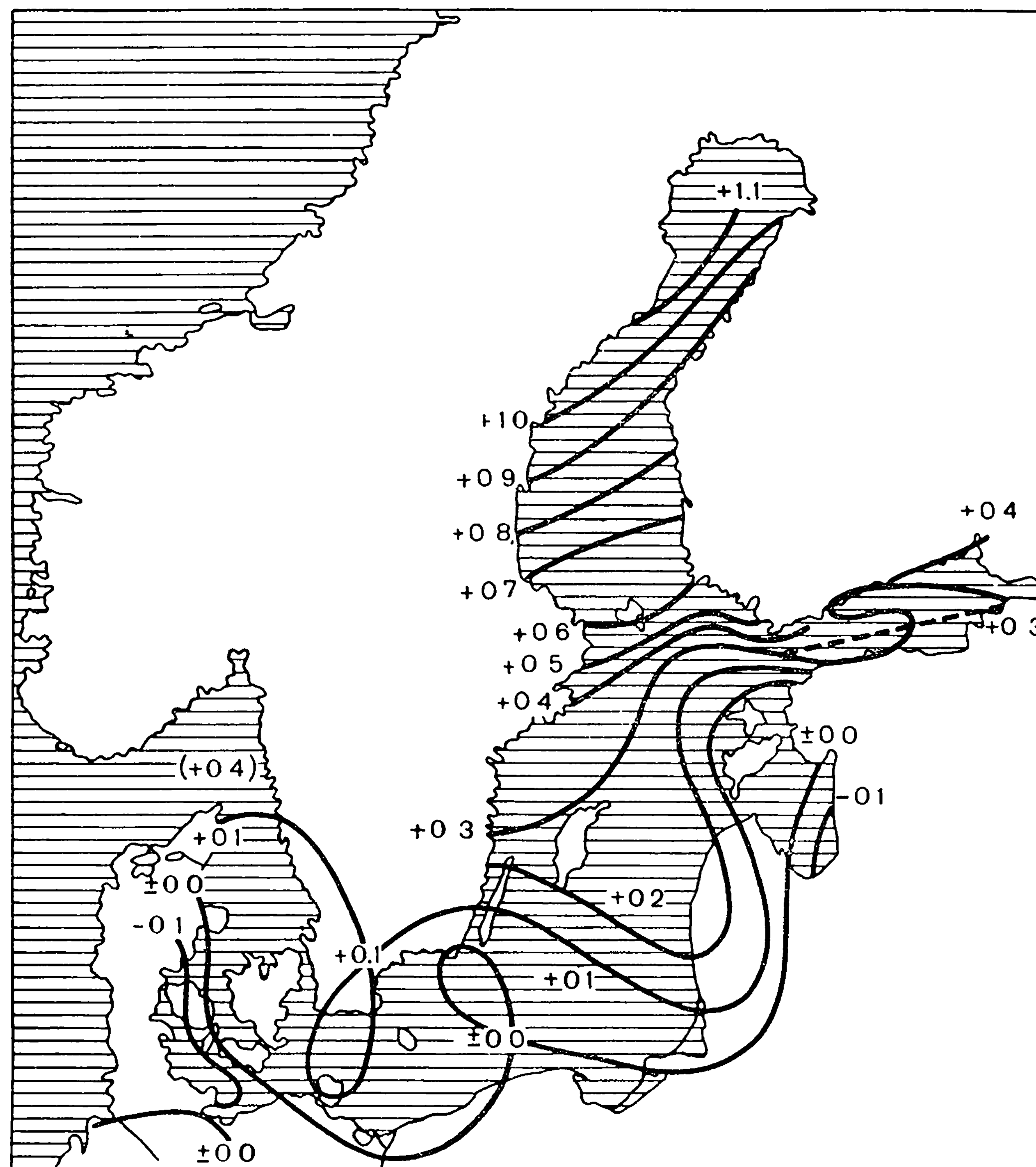


Рис. 11. Современное поднятие (см/год) в районе Балтийского моря, установленное по водомерным реперам (по Виттингу).

до сих пор наблюдениям * (рис. 12), и что так и должно быть в действительности, если кора еще находится ниже своего положения равновесия. Нансен [222] дал наиболее подробное описание всех явлений, относящихся к поднятию Скандинавии. Наибольшее погружение составляло 284 м, судя по береговым отметкам на побережье Ингерманландии, и, вероятно, достигало 300 м в глубине материка. Медленное поднятие Скандинавии началось 15 000 лет надад, 7000 лет назад оно достигло наивысшей скорости (около 1 м за 10 лет) и в настоящее время затухает. Толщина льда, имевшегося в центре, оценивается примерно в 2300 м. Такие вертикальные движения больших глыб коры обусловливают, естественно, подкоровые течения в субстрате, благодаря которым вытесненный материал перемещается вверх. Это подтверждается также открытием, сделанным приблизительно одновременно Борном, Нансеном, А. Пенком и Кёппеном (литература в [43]): область депрессии, существовавшей под материковой ледяной шапкой, кольцеобразно охвачена областью слабого поднятия, которое как раз следует отнести за счет подкорового материала, выдавленного в сторону от нее. Во всяком случае вся теория изостазии основывается на гипотезе, что слой, подстилающий земную кору, обладает известной степенью текучести. Но если это так, т. е. если континентальные глыбы действительно плавают на вязком подстилающем субстрате, то нет основания считать, что их подвижность должна проявляться только в вертикальных движениях и не должны происходить также и горизонтальные движения, если существуют и сохраняются на протяжении геологических эпох такие силы, которые стремятся переместить континентальные глыбы. А что такие силы действительно существуют, доказывают орогенические процессы.

Чрезвычайно важны для наших вопросов новейшие результаты сейсмических исследований, которые наглядно обобщил Гутенберг [44, 45].

Из сейсмических волн, как известно, внутрь земной коры проходят продольные волны P («первые») и поперечные волны S (так называемые вторые волны), в то время как «главные волны» L распространяются вдоль поверхности. Чем более отдалена регистрирующая станция от очага, тем на бо́льшую глубину проникают волны P и S. Из разности времени между землетрясением и попаданием сигнала на станцию, т. е. «времени прохождения», можно определить скорости волн для различных глубин. Эта скорость является, однако, константой вещества и, следовательно, может дать нам сведения о слоистой структуре Земли.

При сейсмологических исследованиях обнаружено, что под Евразией, а также под североамериканским континентальным склоном на глубине 50—60 км весьма отчетливо определяется граница, в которой скорость продольных волн резко увеличивается с 5.75 км/с (выше нее) до 8.0 км/с (ниже нее), а скорость поперечных волн возрастает соответственно с 3.33 км/с (вверху) до 4.4 км/с (внизу). Эту поверхность до сих пор идентифицируют с нижней границей континентальных глыб, что подтверждается совпадением глубины до этой поверхности со значением тол-

---

* Дальнейшие гравитационные наблюдения полностью подтвердили высказанное в книге предположение о существовании интенсивного минимума силы тяжести в центральной части Скандинавии. — *Примеч. пер.*

Рис. 12. Аномалии силы тяжести в Скандинавии (по Борну).

1 — нулевая линия; *2* — линии равного дефицита; *3* — линии равного избытка величины ускорения силы тяжести.

щины глыбы, выведенным Хейсканеном из гравитационных измерений.[2] Все же, видимо, этой концепции теперь нельзя больше придерживаться. Толщина материковых глыб соответствует лишь половине найденных для них значений, в то время как указанная граница слоя соответствует дальнейшему разделению субстрата. Но эта граница слоя совершенно отсутствует в зоне Тихого океана. Здесь уже в поверхностных слоях наблюдается скорость сейсмических волн, которая почти равна указанной выше скорости, наблюдаемой у основания земной коры материков, а именно — 7 км/с для продольных и 3.8 км/с для поперечных волн (для поверхностных слоев континентов скорости равны 5.75 и 3.2 км/с). Эти числа имеют только одно возможное объяснение. Оно состоит в том, что самые верхние слои, которые под континентальными плитами доходят до глубины 60 км, отсутствуют в Тихом океане.

Как и следовало ожидать, по скорости поверхностных волн, которая также является константой, характеризующей данный материал, можно обнаружить различие между дном океана и материковыми глыбами. Это было установлено пятью различными исследователями и теперь может считаться непреложным фактом. Например, Тамс [46] в 1921 г. по ряду особенно ясных регистраций нашел следующие скорости поверхностных волн:

1. Океанические впадины

		Число измерений
Калифорния. Землетрясение 18 апреля 1906 г.	$v = 3.847 \pm 0.045$ км/с	9
Колумбия. 31 января 1906 г.	3.806 ± 0.046 км/с	18
Гондурас. 1 июля 1907 г.	3.941 ± 0.022 км/с	20
Никарагуа. 30 декабря 1907 г.	3.916 ± 0.029 км/с	22

2. Материки

Калифорния. 18 апреля 1906 г.	$v = 3.770 \pm 0.104$ км/с	5
Филиппины I. 18 апреля 1907 г.	3.765 ± 0.045 км/с	30
Филиппины II. 18 апреля 1907 г.	3.768 ± 0.054 км/с	27
Бухара. 21 октября 1907 г.	3.837 ± 0.065 км/с	19
Бухара. 27 октября 1907 г.	3.760 ± 0.069 км/с	11

Несмотря на то что отдельные цифры характеризуют довольно большие площади, все же из средних величин ясно видно, что скорость распространения волн, проходивших через океанические впадины, на 0.1 км/с больше скорости волн, проходивших через материки. Это также согласуется с теоретически предполагаемыми величинами, основанными на физических свойствах вулканических глубинных пород.

С другой стороны, Тамс пытается объединить в средние величины наблюдения над возможно бо́льшим числом землетрясений и получает таким образом для 38 землетрясений в Тихом океане среднюю скорость $v = 3.897 \pm 0.028$ км/с и для землетрясений в Евразии или Америке $v = 3.801 \pm 0.029$ км/с, т. е. такие же величины, как и вышеприведенные.

[2] Положив в основу теорию Пратта, получили более высокие значения толщины глыбы (от 100 до 120 км), в то время как теория Эри практически дает тот же результат, что и исследование землетрясений. Это также свидетельствует теперь об уже признанном преимуществе теории Эри.

В 1921 г. Ангенхайстер [47] также исследовал сейсмические различия между океаническими впадинами и материковыми глыбами по целому ряду землетрясений Тихого океана, причем одновременно он сделал попытку выделить до того не различавшиеся Тамсом два типа поверхностных волн — «поперечные волны» L и «волны Рэлея». Основываясь даже на незначительном материале, он получил заметно бо́льшие различия: «Скорость поверхностных волн L под Тихим океаном на 21—26% больше, нежели под Азиатским материком». Мы также должны добавить, что для других видов волн он нашел характерную разницу: «Время прохождения волн P (undae primae — первые, объемные продольные волны, распространяющиеся в глубь Земли) и S (undae secondae — вторые, поперечные волны сдвига, также распространяющиеся в глубь Земли) под Тихим океаном, при расстоянии 6° от очага (т. е. на расстояниях столь коротких, что эти волны проникают только в поверхностные слои), на 13 и 25 с меньше, чем под материком Европы. Этому соответствует для S на 18% более быстрое распространение под океаном. . . Периоды последующих волн под Тихим океаном больше, чем под Азиатским континентом». Все эти различия также указывают на правильность нашего предположения, что дно океанических впадин состоит из иного, более плотного, материала, чем кора материков.

Виссер пришел к такому же результату в отношении поверхностных волн [48]. Он нашел, что над континентальной областью $v=3.70$ км/с, над океанической — $v=3.78$ км/с.

Различия скоростей поверхностных волн такого же порядка установил Байерли при землетрясении в Монтане 28 июня 1925 г. [223].

И, наконец, Гутенберг другим путем подтвердил этот результат [44, 45]. Для этого он использовал поверхностные поперечные волны, т. е. такие поверхностные волны, которые непосредственно предшествовали поверхностным волнам Рэлея (причем часто первые нельзя отделить от вторых). Скорость этих волн зависит, во-первых, от их длины или периода, а во-вторых, от толщины самого верхнего слоя коры, в котором они распространяются. Поскольку по сейсмограммам можно получить не только время прохождения, но также и период колебаний, то представляется возможным определить толщину слоя коры. Правда, измерения всегда довольно неточны, и для одной и той же области необходимо большее число данных с различным периодом, чтобы сделать вывод о толщине слоя.

На рис. 13 приводится результат, полученный Гутенбергом для трех областей: а) Евразии, б) и в) областей дна Атлантического и Тихого океана соответственно. По абсциссе нанесены периоды, по ординате — скорость волн. Если бы измерения не имели ошибок, то все точки должны были бы лежать на кривых, положение которых на диаграмме зависит от толщины слоя. На графиках рис. 13, *а* и *б* нанесены три такие теоретические кривые для толщины слоя 30, 60 и 120 км, на графике рис. 13, *в* — несколько кривых для нулевой толщины слоя. Гутенберг заключает, что для Евразии точки располагаются ближе всего к кривой, вычисленной при толщине слоя 60 км, для атлантических трасс — ближе всего к кривой для слоя толщиной 30 км и для Тихого океана — к кривой, соответствующей нулевой толщине слоя. Рассеивание слишком ве-

лико, следовательно, способ не очень точен. Позднее Гутенберг все же подкрепил указанный результат. Самое важное состоит в том, что эти исследования показали: в Тихом океане верхний слой, по-видимому, отсутствует; для траекторий распространения волн, проходящих преиму-

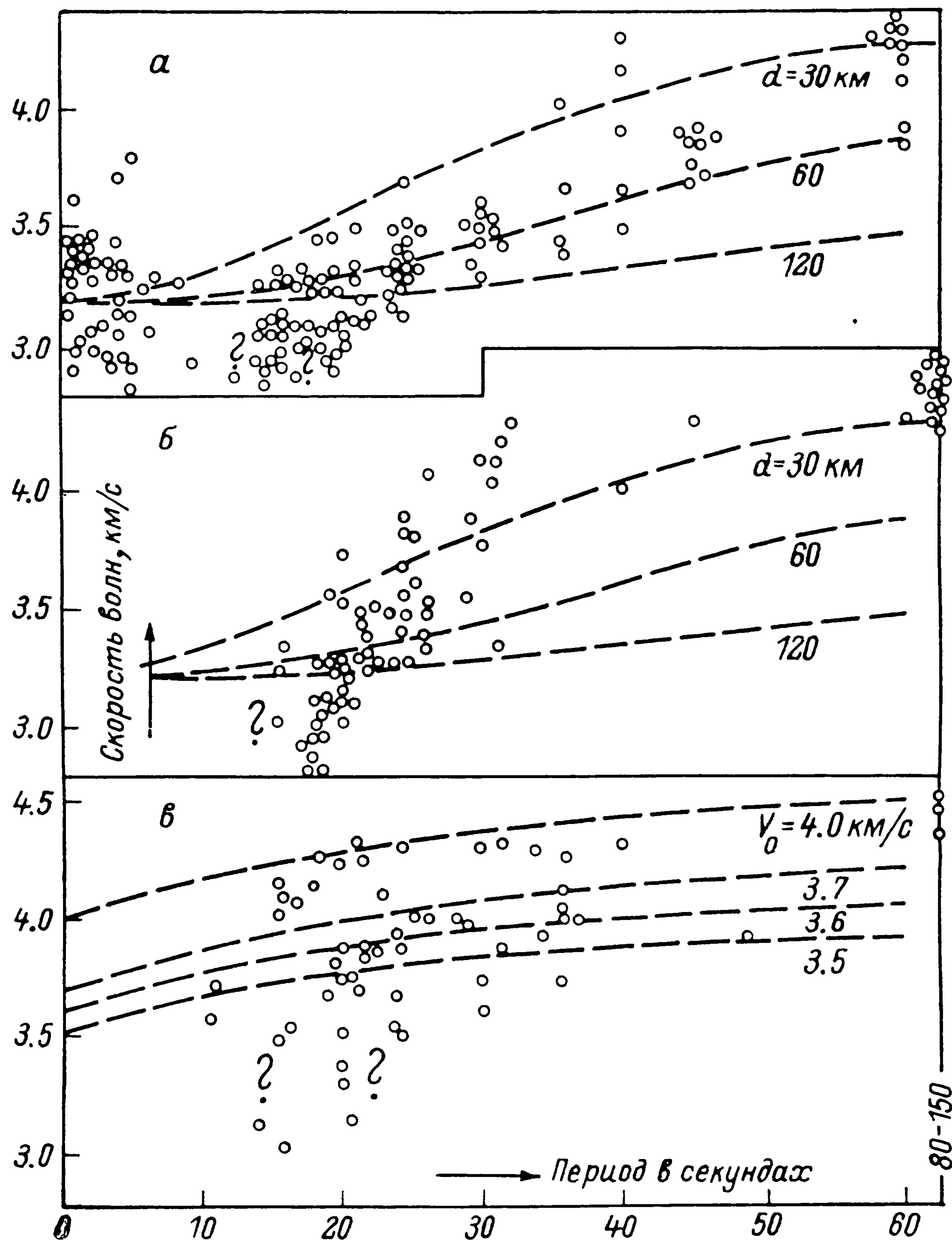


Рис. 13. Скорости поперечных (поверхностных) сейсмических волн (по Гутенбергу, см. текст).

щественно через Атлантику, т. е. частью по океану, частью по континентальной области, получается среднее значение толщины слоя, лежащее между нулем и 60 км.[3]

[3] Гутенберг, по моему мнению, предпочитает рассматривать результаты, полученные для Атлантики, как противоречащие теории дрейфа; мы вернемся еще к этому вопросу в гл. 11.

Как указывалось выше, уже Ангенхайстер нашел, что периоды последующих * волн в Тихом океане больше, чем на Азиатском континенте. Это было подробнее исследовано Веллманом [49]. Он обобщил свои результаты на рис. 14. Фокусы землетрясений отмечены на нем крестиками или черными кружками в зависимости от того, как они регистрируются в Гамбурге — длинно- или короткопериодными последующими волнами. Если учесть, что путь волн от очага до Гамбурга всегда должен проходить перпендикулярно штриховым линиям равных расстояний от Гамбурга, то рисунок наглядным образом показывает, что волны, пришедшие из мест, обозначенных крестиками, проходили преимущественно через глубоководные районы (Тихий океан, Северное море, Северная Атлантика), в то время как волны от черных кружков должны были проходить главным образом через континентальную область (Азия).

Итак, мы видим, что новейшие сейсмологические исследования самыми различными, не зависящими друг от друга путями подтверждают гипотезу, что дно океана в принципе состоит из другого материала, чем континентальные глыбы, а именно из материала, соответствующего более глубокому слою земного шара.

А. Ниппольдт обратил мое внимание, что на основании геомагнитных исследований сложилось общее мнение, что дно океана состоит из сильнее намагничивающегося материала, чем континентальные глыбы, и, следовательно, вероятно, содержащего большее количество железа. Это в особенности подчеркивает Генри Вильде [50] в связи с исследованием магнитной модели Земли. На такой модели океанические площади были покрыты железными листами, чтобы получить магнитное поле, соответствующее земному. А. В. Рюккер [51] так описывает этот результат: «Господин Вильде продемонстрировал хорошую магнитную модель Земли на опыте, который заключался в действии первичного поля однородно намагниченного шара и вторичного поля железных масс, расположенных вблизи поверхности и намагниченных посредством индукции. Основная масса этого железа размещена под океаном... Господин Вильде делает основной упор на железную оболочку дна океанов». Недавно Раклот [52] также подтвердил, что этот опыт Вильде хорошо иллюстрирует (в основных чертах) картину распределения земного магнитного поля. Однако до сих пор из наблюдений земного магнетизма не удалось математически вывести различие между континентами и океанами, видимо, по той причине, что на поле Земли наложено другое, значительно более интенсивное поле еще неизвестного происхождения, которое не имеет никакого отношения к распределению континентов и, по-видимому, не отражает тех явлений, которые, очевидно, должны следовать из больших вековых вариаций магнитного поля. Во всяком случае, по мнению таких специалистов, как А. Шмидт, которые не хотят безоговорочно признать доказательную силу опыта Вильде, никак нельзя выступать против гипотезы, что дно океана состоит из пород, содержащих больше железа, чем породы материков. Поскольку всеми, как известно, принимается, что содержание железа уже в силикатной мантии Земли возрастает с глубиной, а ядро Земли вообще преимущественно состоит из железа, это под-

* Эти волны называются также волнами конечной фазы, так как приходят позже других. — *Примеч. ред. перевода.*

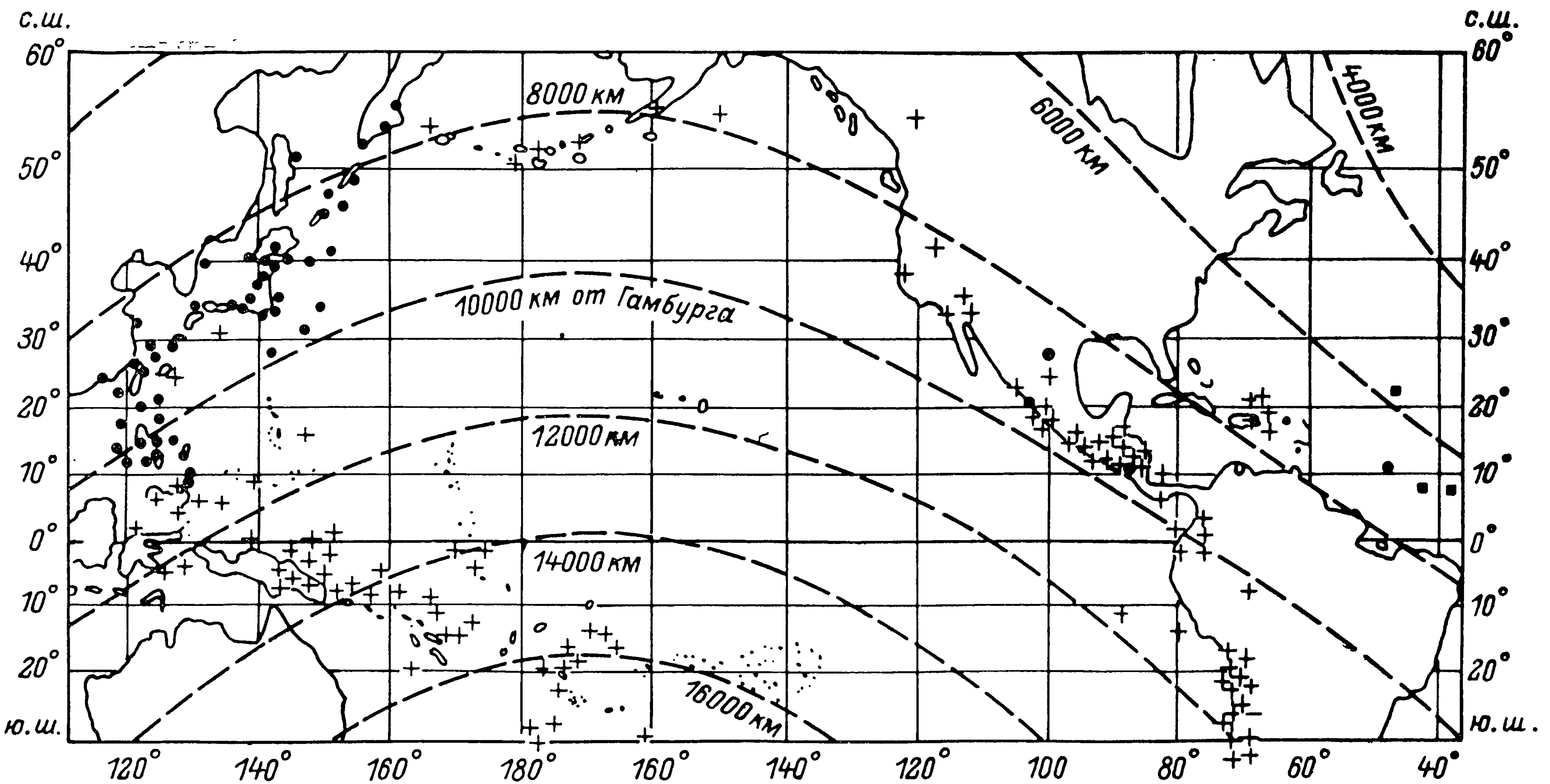


Рис. 14. Очаги землетрясений, последующие волны которых были зарегистрированы в Гамбурге с длинными (+) или короткими (·) периодами прохождения (по Веллману).

тверждает, что дно океана принадлежит к более глубокому слою Земли по сравнению с континентами. Как известно, магнитный эффект вообще затухает в твердом теле при температуре красного каления, которая достигается, судя по обычной величине геотермической ступени, уже примерно на глубине 15—20 км. Поэтому сильное магнитное поле дна океанов должно быть связано именно с самыми верхними слоями. Это хорошо совпадает с нашим предположением, что в этом месте отсутствуют слабо намагниченные массы.

В этой связи сразу возникает вопрос, нельзя ли достать образцы этих глубинных пород непосредственно со дна океанических впадин. Однако еще не скоро можно будет при помощи драгирования или какого-либо другого способа достать с этих глубин интересующие нас породы. Все же заслуживает внимания то обстоятельство, что при драгировании главная масса добытых рыхлых проб, согласно Крюммелю [39], представляет собой вулканиты. В них «преобладает пемза..., затем встречаются обломки санидина, плагиоклаза, роговой обманки, магнетита, вулканического стекла и продукта разложения последнего — палагонита, ровно как попадаются кусочки базальтовой и авгит-андезитовой лавы и т. д.» Вулканические породы действительно отличаются большой плотностью и большим содержанием железа и рассматриваются всеми как образования глубинного происхождения. Зюсс назвал всю эту основную группу пород, главным представителем которой является базальт, «Sima» — по начальным буквам главных составных частей: кремния (Silicium) и магния (Magnesium), в противоположность другой более богатой кремниевой кислотной группе «Sal» (Silicium—Alluminium), главные представители которой — гнейс и гранит — составляют фундамент наших материков.[4] Чтобы не смешивать с латинским наименованием соли «Sal», я, следуя письменному указанию Пфеффера, предлагаю писать «Sial». Читатель, вероятно, уже сам, на основании всего сказанного, сделает заключение, что горные породы группы «Sima», которые, правда, известны нам лишь на сиалических материковых глыбах в виде излившихся пород, где они являются чужеродными телами, находятся под этими глыбами. Вместе с тем они же, вероятно, слагают дно океанических впадин. Базальт обладает всеми свойствами, которые, по нашим представлениям, необходимы для пород, слагающих дно океанических впадин.

За последние годы было проведено много исследований в области петрографии, геохимии и сейсмологии, касающихся вопроса о том, из чего состоят различные слои Земли. В настоящее время этот вопрос находится еще в такой стадии изучения, что между различными исследователями пока не существует какого-либо единого мнения. Поэтому, не высказывая собственного мнения, мы ограничимся кратким обзором довольно противоречивых результатов.

Вначале повсеместно исходили из того, что достаточно предположить под континентальным сиалическим слоем, который, бесспорно, состоит из гнейса или гранитного материала, симатический слой, достигающий 1200 км глубины. Это мантия Земли. Под ней до глубины 2900 км

[4] Это разделение ввел еще Роберт Бунзен, который классифицировал неосадочные породы как «обычные трахитовые» (богатые кремнеземом) и «обычные пироксеновые» (основные). Зюсс же предложил удобные термины.

лежит промежуточный слой, а затем идет ядро, состоящее в основном из никеля и железа. Промежуточный слой состоит либо, по аналогии с метеоритами, из мезосидерита (палласита), либо, если искать аналогию с опытами в металлургии, из пирита и других руд (шлаков). То, что это действительно важнейшие слои земного шара, установлено, пожалуй, раз и навсегда. Однако на вопрос, однороден ли симатический слой или его следует считать разделенным на более тонкие слои, мы получаем различные ответы. Ф. М. Гольдшмидт считает типичным представителем симы — эклогит, Вилльямсон и Адамс — перидотит или пироксенит, другие авторы — дунит. Во всяком случае, основная масса симы должна быть чрезвычайно основной или «ультраосновной» породой, т. е. самой основной по сравнению с базальтом; таким образом, этот последний материал, вероятнее всего, занимает самый верхний слой в симе. Поднятый здесь вопрос обсуждается в многочисленных статьях и книгах Джеффриса [53], Дэли [54], С. Мохоровичича [55], Джоли [56], Холмса [57], Пуля [58], Гутенберга [59], Нансена [222] и других авторов. При этом следует подчеркнуть особенно примечательный факт, что книга Дэли (Our mobile Earth. London, 1926) полностью основана на теории дрейфа. Д. Джоли в своей книге (The surface history of the Earth. Oxford, 1925), хотя и высказывается против теории дрейфа материков, фактически приводит новые существенные данные в ее пользу в связи с изучением выделения радиоактивного тепла внутри Земли.

По-видимому, у всех авторов существует единое мнение, что под гранитом континентальных глыб сперва залегает базальт. Но граница между этими слоями ныне не идентифицируется большинством исследователей с главной геологической границей, проходящей на глубине 60 км и установленной по данным о землетрясениях. Принимается, что граница гранитного и «базальтового» слоев на материках лежит на глубинах от 30 до 40 км, где землетрясения также позволяют определить другую геологическую границу, хотя и менее значительную. Одной из основных причин того, что гранитный слой не может достигать глубины 60 км, является то, что слой такой толщины содержал бы слишком много радия и поэтому выделял бы слишком много тепла. На 60-километровой глубине тогда должен был бы сразу начинаться слой ультраосновного материала (дунита и пр.). Кроме того, Мохоровичич подчеркнул, что 60-километровая граница не обнаруживает вариаций своего глубинного положения под горами, с одной стороны, и равнинами — с другой, тогда как более высоко расположенная граница между гранитом и базальтом дает разные значения толщины. Поэтому возникает вопрос, не следует ли при таких обстоятельствах рассматривать в качестве нижней границы континентального блока границу гранитного слоя на глубине 30—40 км вместо 60 км. С другой стороны, еще не выяснено, как обстоит дело с последней границей слоя под океанами. Гутенберг предполагает, что расположенная на глубине 60 км главная граница слоя образует также субповерхность Тихого океана, где, таким образом, ультраосновной материал (дунит) выходит на поверхность дна. Мохоровичич, напротив, полагает, что дно океана образовано базальтом.

Для получения законченной картины надо подождать результатов дальнейших исследований. Но весьма возможно, что появятся большие за-

труднения при объяснении природы дна океана, если будет учтено большее число слоев, как уже отмечалось выше в другой связи.

Однако, как бы ни изменялись в дальнейшем эти представления, ясно, что они развиваются по тем же направлениям, что и теория дрейфа, ибо уже не ставится под сомнение основное различие между дном океана и континентами. Для теории перемещения материков на ее начальном этапе безразлично, состоит ли дно океана из базальта или, может быть, местами из ультраосновного материала. Во всяком случае здесь отсутствует гранитный слой, характерный для континентальных глыб (если не говорить об его остатках).

Нередко против теории дрейфа возражают: Земля так же тверда, как сталь, следовательно, континенты не могут перемещаться. В действительности изучение землетрясений, смещения полюсов и приливных деформаций твердой Земли привели к совпадающему результату, что коэффициент твердости Земли составляет в среднем $2\cdot10^{12}$ дин/см^2; для пород мантии, распространяющихся до глубин 1200 км, коэффициент $7\cdot10^{11}$; для металлического ядра — $3\cdot10^{12}$. Поскольку этот коэффициент для холодной стали составляет $8\cdot10^{11}$, то, следовательно, Земля действительно такая же жесткая, как сталь. Но что из этого следует? Для нашего вопроса — вообще ничего. Ведь скорость, с которой может двигаться континент под воздействием данной силы, вообще не зависит от твердости симы. Она определяется другой, не зависящей от твердости, константой материала — коэффициентом внутреннего трения или вязкости. Обратная этому коэффициенту величина называется текучестью. Вязкость измеряется в г/(см·с). К сожалению, нельзя с уверенностью судить по величине твердости о вязкости, ее нужно определять специальными исследованиями. Эти измерения вязкости на так называемых твердых телах крайне затруднительны. Даже в лаборатории, где для этого используют затухание упругих колебаний или скорость деформации при изгибе или скручивании либо измеряют так называемое время релаксации; такие определения проводились только на очень немногих материалах. О коэффициенте вязкости Земли нам пока почти ничего неизвестно. Правда, в последнее время были сделаны попытки определить коэффициенты вязкости как для всей Земли, так и отдельных ее слоев, но эти результаты настолько разнятся между собой, что мы можем лишь констатировать наше полное незнание.

С уверенностью можно сказать только то, что Земля по отношению к силам, действующим с коротким периодом, например силам, связанным с сейсмическими волнами, ведет себя как твердое упругое тело. В этом случае текучесть не проявляется. По отношению же к силам, действующим, напротив, на протяжении геологических периодов, Земля должна вести себя подобно жидкости, как это, например, следует из ее сплющивания (полярного сжатия), точно соответствующего периоду вращения. Однако, где нужно искать границу времени, при которой упругие деформации сменяются проявлением текучести, зависит именно от коэффициента вязкости.

Дж. Г. Дарвин при исследовании отделения Луны от Земли предположил, что уже 12- и 24-часовые силы прилива и отлива дают повод к текучим деформациям, и многочисленные авторы использовали эту ги-

потезу. В одном из новейших исследований Прей [60] приходит все-таки к результату, что предположения Дарвина не учитывают того, что даже в настоящее время земная кора благодаря приливным силам совершает заметное перемещение на запад. Пятьдесят-шестьдесят миллионов лет назад коэффициент вязкости мог еще иметь сравнительно малую величину — около 10^{13} (примерно такая же вязкость у ледника), и тогда, считает Прей, происходили поэтому большие перемещения коры. Но с тех пор, однако, по его мнению, коэффициент вязкости должен был увеличиться настолько, что теперь такие перемещения уже исключаются. Здесь следует заметить, что Дарвин еще не мог принимать во внимание содержания радия в земной коре. Прей предполагает, игнорируя генерацию радиоактивного тепла при распаде радия, прогрессирующее охлаждение. Однако, по нашим современным сведениям об имеющихся количествах радия, а также по геологическим данным, представляется весьма сомнительным, что в ходе геологических периодов, которые имеют значительно бóльшую длительность, коэффициент вязкости систематически изменялся в значительной мере, не считая флуктуаций.

Геологи часто предполагают, что под твердой земной корой находится слой магмы. Вихерт считал, что подобным образом, допуская наличие жидкого слоя, можно объяснить некоторые особенности сейсмограмм, отмеченные при регистрации землетрясений. Швейдар [61], напротив, на основании измерений приливов и отливов принимает модель твердой Земли. Если бы текучесть заметным образом участвовала в приливах и отливах, то они должны были бы отставать от периодичности появления Солнца и Луны. Но поскольку наблюдения не показывают такого отставания, следует считать, что наблюдаемая величина приливов и отливов вызвана упругими деформациями, а отнюдь не пластичностью или текучестью. Граница ошибки наблюдений — по меньшей мере предельный показатель коэффициента вязкости, который разумеется, будет различным в зависимости от толщины слоя, для которого он подсчитывается. Тонкий слой с пониженной вязкостью обеспечивает такую же величину смещения, как слой с повышенной вязкостью и большей толщиной. Так, Швейдар нашел, что коэффициент вязкости должен быть больше 10^9, если речь идет о слое толщиной в 100 км, или больше 10^{13} и 10^{14}, если этот слой имеет толщину 600 км. Разумеется, при этом существенно то, что имеется в виду единый, окружающий всю Землю слой. Изолированные небольшие участки земного шара могли бы быть значительно более пластичными.

Другую попытку определить вязкость Земли сделал в 1919 г. Швейдар в своем исследовании о движении полюсов [62]. Он вычислил, какова была бы величина периода колебания полюсов, если бы половина коэффициента вязкости Земли имела значения 10^{11}, 10^{14}, 10^{16}, 10^{18} П, и нашел, что при первых двух значениях может иметь место только 80-летний период колебания полюсов. Только при больших значениях вязкости получается короткий период от 470 до 370 дней, т. е. той продолжительности, которой в действительности характеризуются так называемые чэндлеровские колебания полюса. Естественно, что и в данном случае опять-таки решение зависит от того, какая толщина принимается для вязкого слоя. Если рассматривать всю Землю как имеющую одина-

ковую вязкость, то малый период наступает только при значении вязкости 10^{18}. Величина 10^{13} допустима, если предположить, что слой между 120 и 600 км глубины пластичный. Поскольку вычисления можно было выполнить только для постоянной плотности Земли, полученные результаты можно рассматривать лишь как первое приближение. Позже Швейдар использовал значение вязкости, равное 10^{19}, предполагая, что текучим является только слой на глубинах между 100 и 1600 км.

Швейдар — сторонник высоких показателей вязкости. Но все же он приходит к выводу: «Однако, возможно, что континенты под воздействием силы, направленной от полюсов к экватору, перемещаются в этом направлении» [40]. Об указанной силе и вычислениях, приводящих к такому результату, будет сказано ниже.

Джеффрис [53] предложил еще более высокое значение для коэффициента вязкости, а именно 10^{21}, в слое, где это значение минимально. Насколько мне известно, это самое крайнее предположение.

С другой стороны, в последнее время раздаются голоса в пользу поразительно малых коэффициентов вязкости, правда, только в относительно тонком слое. Так, Меерманн [64, 65] исходит из факта неравномерного вращения Земли, доказанного недавно астрономическим путем: «В 1700 г., например, каждая точка земной поверхности находилась примерно в 15 с восточнее, в 1800 г. примерно настолько же западнее, в 1900 г. примерно 10 с восточнее и в 1924 г. свыше 20 с западнее от места, соответствовавшего бы ей при равномерно вращающейся Земле. Поскольку исключено, что Земля как целое осуществляет такие колебания, я усматриваю в этом доказательство того, что земная кора по отношению к ядру совершает дрейф на запад... Если трение возрастает, то западный дрейф уменьшается... Если трение уменьшается, то, наоборот, земная поверхность движется на запад по отношению к гипотетической Земле».

Как в элементах земного магнетизма, так и в вариациях продолжительности суток заметен период в 270 лет; отсюда Меерманн выводит полный оборот коры, равный удивительно короткому времени — 270 лет, соответственно этому, в случае, когда текучесть ограничивается слоем толщиной 10 км, приходит к коэффициенту вязкости в этом слое, равному лишь 10^{3} (такой коэффициент в 21 раз больше коэффициента вязкости глицерина при 0°). Однако пока следует оставить открытым вопрос о том, согласуется ли его результат с реальными фактами. В этом отношении заслуживает внимания работа Шулера [66], в которой показано, что заметное ускорение вращения Земли должно произойти с увеличением полярных ледяных шапок благодаря происходящему при этом приближению масс к оси вращения Земли и в силу закона сохранения момента количества движения. Наоборот, замедление должно было бы происходить при таянии ледниковых масс, когда массы перемещаются в направлении от оси вращения Земли к экватору.

Вопрос о вязкости слоев, расположенных под континентальными глыбами, тесно связан с вопросом о том, превышает ли или нет температура этих слоев точку плавления. Хотя и вероятно, что расплавленная магма при очень высоком давлении может иметь очень высокую вязкость и вести себя поэтому как твердый материал (ведь поведение вещества при таких высоких давлениях еще неизвестно), все авторы,

принимающие существование расплавленно-жидкого слоя, склоняются к предположению, что вязкость в этом слое настолько низка, что оказываются возможными большие перемещения масс и конвекционные подкоровые течения. Но как раз по этому вопросу с учетом содержания радия появились совершенно новые точки зрения.

На рис. 15 приводится подсчитанное Вольфом распределение температуры в верхних 120 км земной коры при различных предположениях о содержании радия в коре (кривые от *a* до *e*). Кроме того, на рисунок нанесены две кривые плавления *S* и *A*. Представлены различные кривые

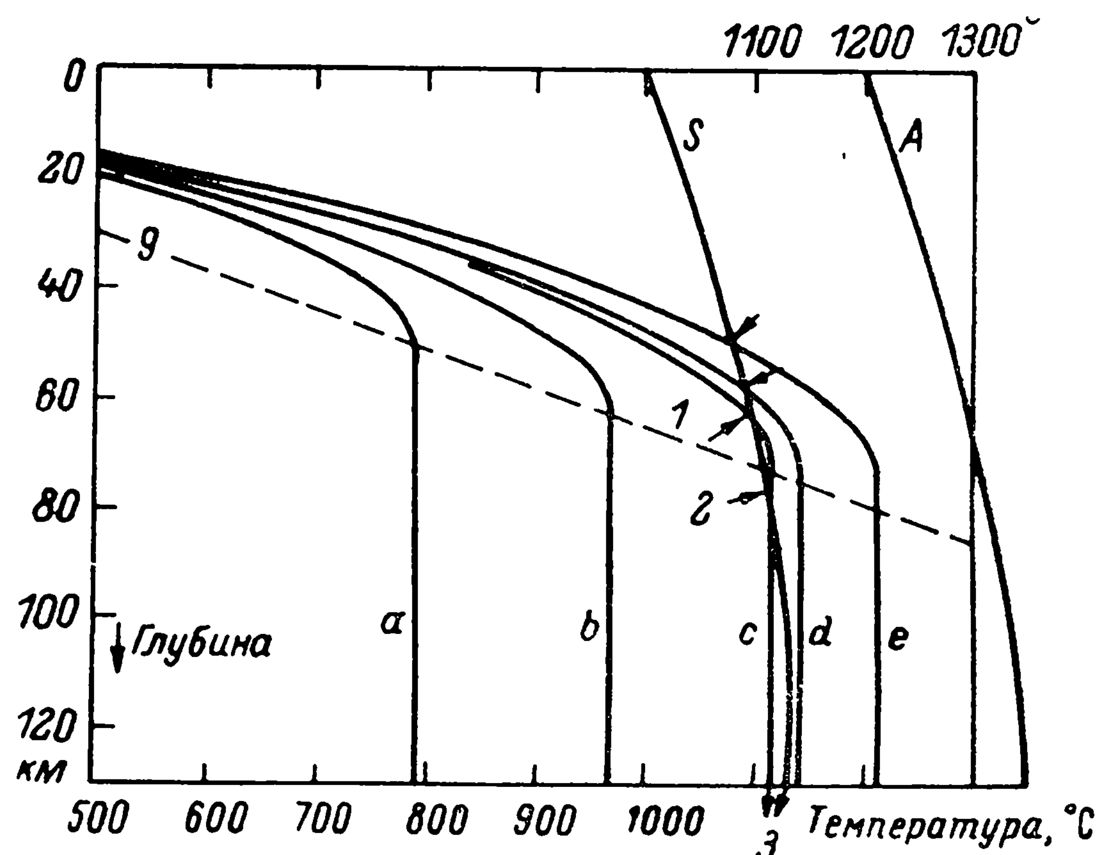


Рис. 15. Изменение температуры в зависимости от глубины (от *a* до *e*) и температуры плавления (*S* и *A*) до глубины 120 км (по фон Вольфу).

в зависимости от предполагаемого материала; *S* соответствует наиболее низкой возможной температуре плавления на различных глубинах. Как видно по изгибу кривых температуры и наклону кривых плавления, на глубине 60—100 км существует интервал, оптимальный для плавления. Возможно, что в этом месте между двумя кристаллическими слоями залегает расплавленный слой. Уместно спросить: не могут ли на этот вопрос дать ответ сейсмические исследования? К сожалению, это невозможно; они могли бы дать ответ лишь в том случае, если бы расплавленное состояние означало соответственно высокую текучесть, ибо в жидко-текучей среде не могут распространиться поперечные волны, каковыми являются волны *S*. Однако ныне обычно предполагают, что тот материал, который нагрет выше точки плавления и, следовательно, расплавлен, находится в аморфном стеклообразном, т. е. твердом, состоянии. И все же сейсмические исследования дают некоторые сведения по этому вопросу. Замечено, что при самых разнообразных предположениях о плотности материала его упругое сопротивление деформации, обычно возрастающее с глубиной, на глубине 70 км перестает расти и, возможно, даже испытывает временное ослабление. Отмечая этот факт, Гутенберг [104] полагает, что на этой глубине кристаллическое состояние, вероятно, сменяется аморфным, стекловидным. Если такое состояние следует рассматривать как твердое

при анализе распространения сейсмических волн с коротким периодом, то не исключено, что по отношению к силам, которые действуют на протяжении геологических периодов, вещество в таком состоянии обнаружит значительную степень текучести.

В этой связи привлекают внимание также некоторые геологические факты. Некоторые крупные интрузии «гранитной магмы», описанные, например, Клоосом [103] в Южной Африке, показывают, что изотермы плавления гранита в известные периоды истории Земли местами подходили вплотную к ее поверхности. Тем более должны были тогда расплавляться породы на глубинах в 60—100 км. Изотермические поверхности не имеют внутри Земли совершенно определенного положения, а изменяются как во времени, так и пространственно. Джоли [56] видит объяснение этому в том обстоятельстве, что под континентальными глыбами температура постоянно повышается вследствие более значительного образования тепла за счет радиоактивного распада. Это происходит до тех пор, пока такие глыбы вследствие расплавления вещества под ними не станут плавучими. В этом случае они перемещаются по более холодным частям земного шара, т. е. по бывшему дну океана. Действительно, это объяснение подтверждается таким фактом: геотермическая ступень составляет в Европе в среднем 31.7 м (на градус), а в Северной Америке — в среднем 41.8 м. Это примечательное различие, которое в последнее время много обсуждалось, показывает, что более глубокие слои Земли под Северной Америкой холоднее, чем под Европой. Дэли справедливо считает: «Достаточное объяснение этому можно найти в сравнительно недавнем соскальзывании Северной Америки на погрузившуюся кору Тихоокеанского бассейна, который имел прежде более значительные размеры» [67].

Следует, естественно, упомянуть и тех авторов, которые относят явления в самых верхних частях земной коры на счет «подкоровых течений». Это Ампферер [68], Швиннер [69] и др. По Ампфереру, подкоровые течения переместили Америку на запад. Швиннер предполагает, что в жидком слое вследствие неодинаковой теплоотдачи существуют конвективные течения, которые уносят с собой кору и сжимают ее там, где их движение направлено вниз. Кирш [70], опираясь на данные о повышенном радиоактивном теплообразовании в континентальных глыбах, также широко использует идею подобных конвективных течений в жидком слое, вызванных термической неоднородностью. Он предполагает, что под когда-то единой континентальной глыбой происходило избыточное теплообразование (расплавление гранита в Южной Африке), которое привело к циркуляционному движению жидкого субстрата. Последний перемещался по направлению к глубоководному бассейну и здесь погружался вследствие более сильного выделения тепла, в то время как поднятие субстрата происходило посередине континентальной области. При этом благодаря трению материковый покров наконец был разорван, а его части перемещены подкоровыми течениями в разные стороны.* Кирш здесь приходит к по-

* В работе Кирша рассматривается гипотетический процесс распада палеозойского суперматерика Гондваны, части которого представляют в настоящее время тектонические докембрийские платформы Южной Америки, Африки, Аравии, Мадагаскара, Индостана, Австралии и Антарктиды. — *Примеч. ред. перевода.*

разительно большим скоростям течения и соответственно малым показателям вязкости в расплавленном слое.

Все эти работы во всяком случае показывают, что мы не должны теперь догматически подходить к оценкам коэффициента вязкости внутри Земли, а особенно в отдельных ее слоях; фактически мы еще совсем ничего не знаем о них. По этой причине результаты Швейдара не являются решающими, так как они не исключают возможность существования прерывного, относительно жидко-текучего слоя и, конечно, ничего не говорят о том, существовал ли в некоторые древние геологические периоды такой сравнительно пластичный (текучий) непрерывный слой. Однако они ценны тем, что даже при отрицании жидко-текучего слоя все же приводят к таким значениям вязкости, которые допускают перемещение континентов. Следовательно, возможность существования последнего не зависит от того, насколько правы те авторы, которые недавно выступали за существование жидко-текучего основания континентальных глыб по меньшей мере в отдельных районах и в отдельные периоды.

Из сказанного выше видно, что теория перемещения наилучшим образом согласуется с результатами геофизических исследований. Она представляет собой отправную точку для большого числа новых перспективных исследований, которые уже теперь привели к важным результатам. Однако многие детали предстоит выяснить полностью только в будущем.

Можно привести еще некоторые другие факты наблюдений в области геофизики, которые прямо или косвенно подкрепляют теорию перемещения материков. В рамках этой книги не представляется возможным полностью осветить рассматриваемые здесь разнообразные проблемы. Некоторые вопросы будут рассмотрены в последующих главах.

Глава пятая

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АРГУМЕНТЫ

Наша гипотеза о том, что Атлантический океан представляет собой чудовищно расширившуюся трещину, края которой были прежде сближены или даже непосредственно соединены, может быть строго проверена путем сравнения геологического строения обоих побережий океана. Можно ожидать, что многие складки и другие структуры, возникшие до раскола, будут прослеживаться соответственно по обе стороны океана таким образом, что при реконструкции они станут непосредственным продолжением друг друга. Так как сама реконструкция благодаря своеобразным очертаниям краев глыб является вполне закономерной, то исключается возможность произвольного толкования фактов. Поэтому мы здесь имеем дело с абсолютно независимым критерием, который представляет большое значение для оценки правильности теории дрейфа материков.

Атлантическая «трещина» шире всего на юге, где и началось ее образование. Ширина ее в этом месте равняется 6220 км. Между мысом

Сан-Роки и Камеруном ширина трещины составляет уже лишь 4880 км, между Ньюфаундлендской банкой и шельфом Великобритании — 2410 км, между зал. Скорсби и мысом Хаммерфест — 1300 км и, наконец, между краями шельфов северо-восточной Гренландии и Шпицбергена, где раскрытие трещины произошло в сравнительно недавнем прошлом, ширина, видимо, всего лишь 200—300 км. Здесь отчленение, по-видимому, произошло в наиболее позднее время.

Начнем сравнение геологического строения побережий с юга. В самой южной части Африки находится простирающаяся с востока на запад складчатая горная цепь пермского возраста — Свартберг. При реконструкции на продолжении этой цепи к западу располагается район, находящийся южнее Буэнос-Айреса и, судя по карте, не выраженный в рельефе никакими характерными формами. Чрезвычайно интересно, однако, отметить, что в местных сьеррах,* особенно в их более интенсивно смятой южной части, Кейдель [72, 73] описал древние складки, которые по своей структуре, последовательности залегания пород и составу содержащихся в них окаменелостей обнаруживают полное сходство не только со складками передовых Кордильер, простирающихся северо-западнее, в провинциях Сан-Хуан и Мендоса, и прилегающих к структурам Анд, но и со складками Капских гор Южной Африки. Кейдель отмечает: «В сьеррах провинции Буэнос-Айрес, особенно в южном хребте, мы обнаруживаем последовательность слоев, очень похожую на известную в Капских горах Южной Африки. Большое сходство отмечается по крайней мере в трех случаях: для песчаников, отложившихся в начале раннедевонской трансгрессии, сланцев с окаменелостями, отвечающих максимуму этой трансгрессии, и для более молодых, весьма характерных образований — ледниковых конгломератов верхнего палеозоя... Как отложения девонской трансгрессии, так и ледниковые конгломераты сильно смяты в складки, так же как и в Капских горах; причем здесь складкообразующие силы имели, как и там, преимущественно северное направление». Все это показывает, что мы имеем дело с протяженной древней складкой, которая пересекает южную оконечность Африки и затем Южную Америку южнее Буэнос-Айреса и, наконец, поворачивает к северу, объединяясь со структурами Анд. В настоящее время фрагменты этой складки отделены один от другого океаном на расстояние более 6000 км. В нашей реконструкции, которая в данном случае совершенно исключает возможность подтасовки фактов, фрагменты складок приводятся в непосредственное соприкосновение; они находятся на равных расстояниях соответственно от мыса Сан-Роки и Камеруна. Такое свидетельство правильности нашей общей теории весьма примечательно и напоминает случай использования для опознания части разорванной визитной карточки вместо пароля. Тот факт, что на африканском побережье горная цепь Цедарберг ответвляется от хребтов Южной Африки к северу, не соответствуя их основному простиранию, практически не опровергает приведенного доказательства. Эта ветвь быстро затухает и носит харак-

---

* Сьерра (Sierra) — от латинского «serra», что значит пила; в Испании и некоторых прежде испанских районах Америки так называют горные кряжи с зубчатыми вершинами. — *Примеч. пер.*

тер локального, отщепленного разрывного нарушения, которое могло возникнуть за счет некоторого перегиба слоев в месте последующего разрыва. Подобные ответвления гораздо чаще встречаются в каменноугольных и третичных складчатых горах Европы, где, однако, ничто не мешает рассматривать такие складки как части единых складчатых систем, возникшие по единой причине. Даже несмотря на то что, судя по новейшим исследованиям, формирование системы африканских складок продолжалось вплоть до недавнего времени, не следует считать, что по возрасту они отличаются от южно-американских, так как Кейдель констатирует: «В сьеррах ледниковые конгломераты — наиболее молодое образование — смяты в складки; в Капских горах слои Экка в основании гондванской серии (формация Карру) еще носят следы складчатых движений. . . Поэтому в обеих областях основные движения могли происходить в промежутке между пермским периодом и раннемеловой эпохой».

Приведенный пример с Капскими горами и их продолжением в сьеррах провинции Буэнос-Айрес — не единственное подтверждение нашей точки зрения. Рассматривая побережья Атлантики, можно обнаружить еще более многочисленные доказательства ее справедливости. Даже в общих очертаниях обширного гнейсового плато Африки, в последний раз подвергшегося складчатости в древнейшие геологические эпохи, проявляется сходство с аналогичным плато в Бразилии. Это сходство не ограничивается общими чертами — обнаруживается также сходство между изверженными породами и осадочными отложениями обеих областей и первоначальными направлениями складок.

Сравнительное изучение изверженных пород было проведено Броувером [74]. Он приходит к заключению о сходстве по меньшей мере пяти образований, а именно: 1) древних гранитов; 2) молодых гранитов; 3) щелочных пород; 4) юрских вулканических пород и интрузивных долеритов и 5) кимберлитов, альнёитов и пр.

Древние граниты в Бразилии входят в состав так называемого бразильского комплекса, а в Африке — в состав «комплекса фундамента» на юго-западе континента, «системы Малмсбери» на юге Капской провинции, «системы Свазиленд» в Трансваале и Родезии. Броувер пишет: «Как восточное побережье Бразилии — в горах Серра-ду-Мар, так и противоположное западное побережье Южной и Центральной Африки сложены главным образом этими породами, придающими ландшафтам обоих континентов во многом сходные черты рельефа».

Более молодые граниты бразильского побережья представлены интрузиями «серии Минас» в штатах Минас-Жерайс и Гояс, где в них имеются золотоносные жилы, и интрузиями в штате Сан-Паулу. Соответствующими породами в Африке являются граниты Эронго в Герероленде и брандбергские граниты на северо-западе Дамараленда, а также граниты Бушвелдского магматического комплекса в Трансваале.

Щелочные породы тоже обнаружены на точно соответствующих друг другу отрезках обоих побережий: на бразильском — в различных районах гор Серра-ду-Мар (г. Итатиая, массив Серра-ду-Герицино вблизи Рио-де-Жанейро, горы Серра-ду-Тингуа, мыс Кабу-Фриу), на африканском — на берегу Людерицленда, на мысе Кросс севернее Свакопмунда, кроме того, в Анголе. Дальше от побережий находятся две сопоставимые вулканиче-

ские области диаметром около 30 км каждая — Посус-ди-Кальдас на юге штата Минас-Жерайс и Пиландсберг в округе Рустенбург в Трансваале. Эти щелочные породы особенно поражают полным сходством своих различных по происхождению разновидностей — плутонических, жильных и эффузивных.

О четвертой группе пород (вулканические породы юры и интрузивные долериты) Броувер пишет: «В точности так же, как и в Южной Африке, в основании разреза системы Санта-Катарина залегает мощная толща вулканических пород, соответствующая в целом южно-африканской системе Карру. Эта толща, которую можно отнести к юре, развита на обширных площадях в штатах Риу-Гранди-ду-Сул, Санта-Катарина, Парана, Сан-Паулу и Мату-Гросу, а также в Аргентине, Уругвае и Парагвае». Породы, однотипные известным в южных штатах Бразилии — Санта-Катарина и Риу-Гранди-ду-Сул, — в Африке слагают формацию Каоко между 18 и 21° ю. ш.

Наконец, породы последней группы (кимберлиты, альнёиты и т. д.) наиболее известны, так как и в Бразилии, и в Южной Африке вмещают знаменитые месторождения алмазов. В обеих областях для этих пород характерны особые формы залегания — «трубки». Белые алмазы встречаются в Бразилии только в штате Минас-Жерайс, а в Южной Африке — севернее реки Оранжевой. Но наиболее отчетливо на сходство этих двух районов указывает даже не наличие в них редких алмазных залежей, а соответствие площадей распространения вмещающих пород — кимберлитов. То же относится и к жилам в штате Рио-де-Жанейро: «Точно так же, как и кимберлитовые породы вблизи западного побережья Южной Африки, почти все хорошо изученные породы Бразилии представлены малослюдистыми разновидностями базальтов».[1]

Броувер, наконец, подчеркивает, что даже осадочные породы по обе стороны океана весьма сходны: «Бросается в глаза также идентичность между некоторыми группами осадочных пород на противоположных берегах Атлантики. Назовем лишь южно-африканскую систему Карру и систему Санта-Катарина в Бразилии. Орлеанский конгломерат Санта-Катарины и Риу-Гранди-ду-Сул сопоставляется с конгломератом Двайка в Южной Африке, и на обоих континентах верхние части разрезов сложены идентичными упомянутыми выше мощными вулканическими толщами, развитыми как в Драконовых горах в Капской провинции, так и в горах Серра-Жерал в провинции Риу-Гранди-ду-Сул».

Дю Тойт [75] предполагал даже, что эрратические пермокарбоновые породы Южной Америки имеют отчасти африканское происхождение: «По Колеману, тиллиты Южной Бразилии произошли за счет ледникового покрова, центр которого находился, видимо, юго-восточнее[2] современной береговой линии. Он и Вудворт упоминают также эрратические находки валунов своеобразного кварцита или гравелита с отдельными

---

[1] Г. С. Вашингтон также признает наличие сходства между эффузивными породами обоих континентов, но, слишком строго подходя к их сравнению, заключает все же, что такое сравнение не подтверждает теорию дрейфа. Его опровержение концепции недостаточно обосновано. Однако, к сожалению, оно оказало решающее влияние на взгляды многих американских геологов.

[2] В оригинале — «юго-западнее», судя по следующим фразам, — описка.

гальками полосатой яшмы, которые, по их мнению, очень похожи на гальки, попавшие в Трансваальский ледник из слоев, обнажающихся в системе Матсап в западном Гриквазенде, и перенесенные ледником на запад по меньшей мере до 18-го меридиана. Нельзя ли предположить, имея в виду гипотезу перемещения материков, что гальки эти могли быть перенесены еще значительно дальше на запад?». Недавно, однако, Л. С. Феррац (цитируется по работе [78]) обнаружил такую же породу в обнажении южнее места ее находок под Блуменау в штате Санта-Катарина (в Бразилии), на северном берегу реки Итаяхи. В результате

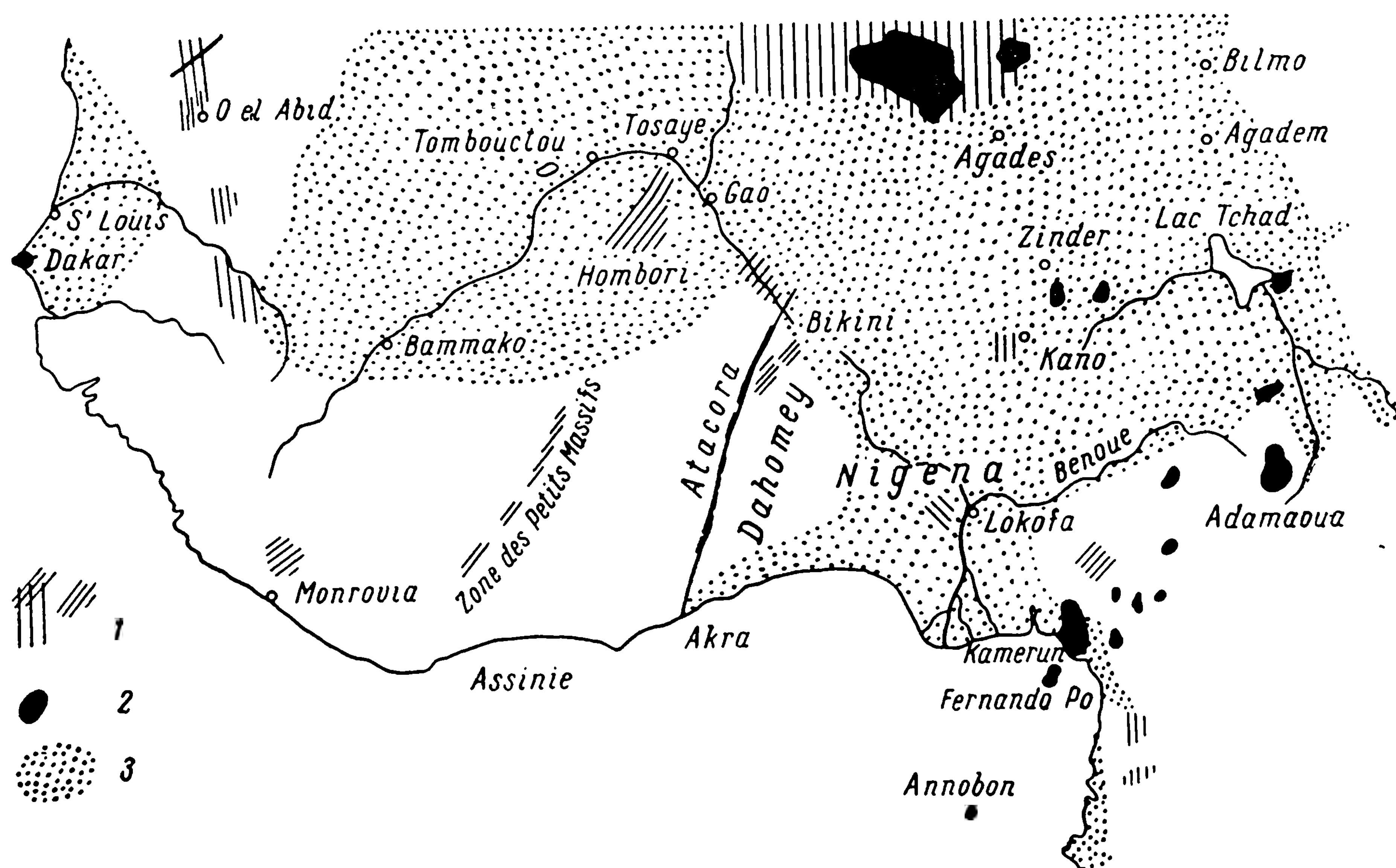


Рис. 16. Простирания складок в Африке (по Лемуану).

1 — направления простирания осей складок; 2 — новейшие вулканические породы; 3 — меловые и третичные породы.

объяснение, предложенное Дю Тойтом, теряет силу. С другой стороны, наличие сходных обнажений в Бразилии и в Южной Африке — еще одно важное звено в длинной цепи поразительных совпадений, касающихся строения двух материков.

Кроме того, существует сходство в простираниях древних складок, протянувшихся через огромные гнейсовые плато. Их ориентировку в Африке мы рассмотрим по карте, составленной Лемуаном [76] (рис. 16). Предназначенная автором для других целей, эта карта все же иллюстрирует, хотя и не вполне отчетливо, интересующие нас моменты. В гнейсовом массиве Африканского материка существуют два основных направления ориентировки разновозрастных складок, показанные на карте штрихами. В Судане шире проявляется более древняя складчатость северо-восточного простирания, на что отчетливо указывает уже ориентировка прямолинейного участка верхнего течения Нигера, имеющего то же простирание и прослеживаемого вплоть до Камеруна. Она составляет

угол в 45° с побережьем. Однако на карте все еще видно, что к югу от Камеруна преимущественное развитие получает иначе ориентированная, более молодая складчатость, а ориентировка простирания складок изменяется на приблизительно меридиональное, соответствующее искривлениям береговой линии.

Аналогичное явление наблюдается и в Бразилии. Уже Э. Зюсс отмечал: «Карта Восточной Гвианы отражает близкое к широтному простирание слагающих этот район древних пород. Ту же ориентировку имеют и палеозойские слои, слагающие северную часть бассейна Амазонки, вследствие чего береговая линия от Кайенны до устья Амазонки направлена вкрест простирания. Имеющиеся на сегодняшний день представления о геологии Бразилии заставляют предположить, что вплоть до мыса Сан-Роки край материка расположен под углом к простиранию гор, но дальше, от этого мыса до Уругвая, берег окаймляется горами». Ориентировка рек — Амазонки, с одной стороны, Сан-Франсиску и Параны — с другой, здесь также, как правило, следует простиранию. Впрочем, новейшими исследованиями выявлено существование и третьего направления простирания, параллельного северо-восточному побережью; это направление показано на тектонической карте Южной Америки, составленной Кейделем (см. цитату выше) в основном по Дж. В. Эвансу (рис. 17). Ситуация, таким образом, несколько усложнилась. Два других направления, однако, весьма отчетливо отражаются на этой карте, местами, правда, лишь на некотором расстоянии от береговой линии. Необходимо учесть, что в нашей реконструкции Южная Америка должна быть повернута на значительный угол. Тогда Амазонка оказывается параллельной верхнему течению Нигера, и обе системы складок совпадают по простиранию с африканскими складками. Положение о существовании в прошлом прямой связи между материками получает, таким образом, дальнейшее подтверждение.

В последнее время на сходство в строении Бразилии и Южной Африки обращается все больше внимания. Маак [77] отмечает: «Любого геолога, знакомого с Южной Африкой, поразит здешний (бразильский) ландшафт. На каждом шагу я встречал формы, напоминавшие мне о Намаленде и Трансваале. Бразильские слои в точности, во всех деталях, соответствуют сериям слоев чехла Южной Африки». Во время своего путешествия Маак обнаружил у Патоса (на 18.5° ю. ш. и 46.5° з. д.) пять кимберлитовых трубок. В заключение он пишет: «Очевидно, что при том расстоянии, какое разделяет теперь соответствующие формации, невозможно признать существование в прошлом перешейков суши, пересекавших Атлантику. Поэтому мысль обращается к концепции перемещения континентов А. Вегенера, в пользу которой свидетельствует также преобладание сухого климата в Юго-Западной Африке в древнейшие геологические эпохи, не говоря уже о пермокарбоне, и существование в штате Минас триасовых осадочных пород, образовавшихся в условиях сухого континентального климата».

Особенно детальные сравнительные исследования провел известный южно-африканский геолог Дю Тойт, специально для этого выезжавший в Южную Америку. Его результаты, в том числе доскональный анализ литературы, были опубликованы в 1927 г. в 381-м выпуске трудов Ин-

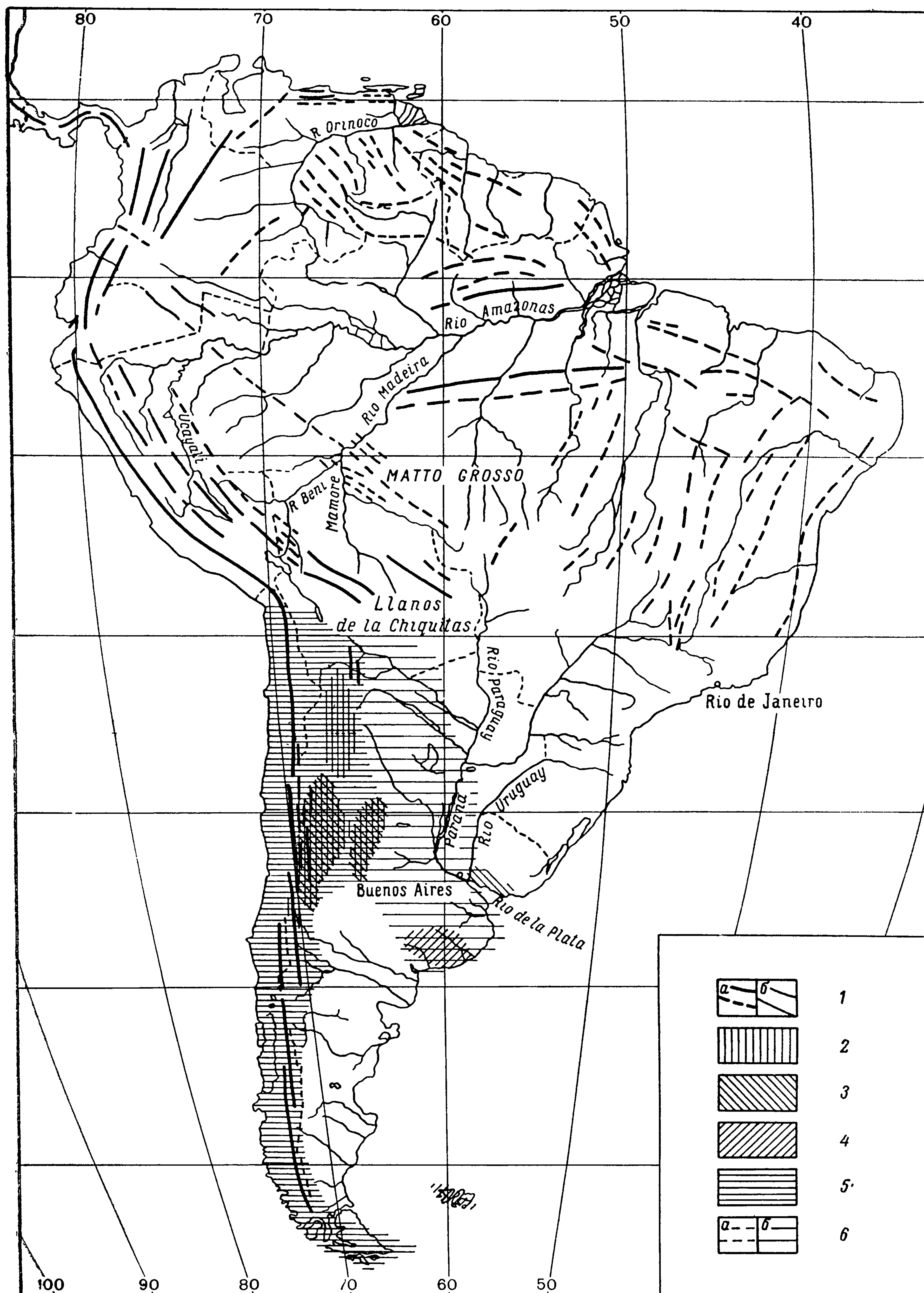


Рис. 17. Схематическая тектоническая карта Южной Америки (по Кейделю и Дж. В. Эвансу).

1 — азимуты простирания различных структур; *2* — районы проявления докембрийской складчатости; *3* — районы проявления раннепалеозойской складчатости; *4* — районы проявления позднепалеозойской складчатости; *5* — районы проявления двух фаз андийской складчатости; *6* — области проявления региональных третичных движений (эрозия и аккумуляция).

ститута Карнеги в Вашингтоне (157 с.) под названием «Геологическое сравнение Южной Америки и Южной Африки» [78]. Его работа в целом дает на примере этих двух регионов уникальное геологическое обоснование справедливости теории дрейфа. Если бы мы задались целью перечислить все упомянутые в этой книге детали, свидетельствующие в пользу этой теории, нам пришлось бы процитировать ее целиком, с начала и до конца. Довольно часто встречаются высказывания такого характера: «Действительно, даже при детальных исследованиях мне было трудно представить, что я нахожусь на другом континенте, а не в одном из южных районов Капской провинции (Южная Африка)» (с. 26). На с. 97 автор пишет: «При подготовке этого обзора я постарался вначале провести общий исторический экскурс, не касаясь вопросов о возможном характере соединения материков и способах их последующего разделения, хотя к тому времени, когда данные были собраны, стало уже очевидным, что они однозначно указывают на справедливость гипотезы перемещения». Далее он указывает, что известно такое количество сходных черт в строении противоположных берегов океана, что его уже никак нельзя объяснить случайными совпадениями, тем более что это сходство относится к огромным участкам суши и к интервалу времени от периодов, более древних, чем девонский, до третичного периода. Дю Тойт добавляет: «Более того, эти так называемые совпадения касаются стратиграфии, литологии, палеонтологии, тектоники, вулканизма и палеоклиматов».

Невозможно даже просто перечислить в настоящей работе все пункты сходства, список которых занимает у Дю Тойта в гл. VII («Основы гипотезы перемещения») семь страниц. Процитируем, однако, приведенное на с. 15 и 16 сравнение основных особенностей геологического строения: «Ограничившись рассмотрением регионов, охватывающих приблизительно 45° долготы и 10° широты, сравним между собой участки, расположенные, с одной стороны, от Сьерра-Леоне до Кейптауна и, с другой, — от Пара * до Баия-Бланка.**

На каждом из континентов:

1. Фундамент сложен кристаллическими породами докембрия с включениями отдельных поясов не смятых в складки додевонских осадочных отложений различного, большей частью неизвестного, возраста, но сходного в целом литологического состава.

2. На крайнем севере этот комплекс несогласно перекрывается слабо нарушенными слоями морских силурийских и девонских отложений, которые заполняют широкие синклинали, наискось выходящие к побережьям, соответственно между Сьерра-Леоне и Золотым Берегом и под эстуарием Амазонки.

3. Дальше к югу почти параллельно берегам тянутся пояса протерозойских и нижнепалеозойских отложений, главным образом кварцитов, сланцев и известняков, слабо складчатых на севере и сильно нарушенных на юге, где они пронизаны гранитными массивами, например в райо-

---

* Пара — штат в Бразилии. — *Примеч. пер.*

** Баия-Бланка — город в провинции Буэнос-Айрес (Аргентина). — *Примеч. пер.*

нах между Людерицем * и Кейптауном, рекой Сан-Франсиску и заливом Ла-Плата.**

4. В штатах Парана и Мату-Гросу существует практически полный аналог почти горизонтально залегающих девонских отложений района Кланвильям.***

5. Распространенные южнее девонские и каменноугольные породы южной части Капской провинции сопоставляются с породами, залегающими немного севернее Баия-Бланка и постепенно сменяющимися каменноугольными ледниковыми и пермскими осадками; обе серии были интенсивно перемяты в результате дислокаций пермотриасового и мелового возрастов, имевших сходную ориентировку.

6. В обоих случаях тиллиты, распространенные севернее, приобретают горизонтальное залегание и трансгрессивно перекрывают девон. Они лежат на пенеплене, выровненном ледниками и сложенном девонскими и более древними породами. Еще далее к северу тиллиты выклиниваются.

7. Как в том, так и в другом случаях ледниковые отложения перекрываются слоями континентальных пермских и триасовых отложений с глоссоптерисовой флорой, занимающими огромную территорию и в свою очередь перекрытыми обширными базальтовыми покровами и повсеместно прорванными долеритами предположительно лейасового возраста.

8. Эти гондванские слои протягиваются от южной части Карру на север до Каокофелда **** и от Уругвая до Минас-Жерайса.*****

9. Крупные районы, разобщенные при раздвиге, обнаруживаются также на севере, в обоих случаях несколько в глубине материков, соответственно в районах Анголы и Конго и штатах Пиауи и Мараньян в Бразилии.

10. Внутриформационный перерыв имеет широкое распространение, хотя углового несогласия между нижнепермскими и верхнетриасовыми слоями обычно не наблюдается. Последние, однако, в некоторых районах залегают с отчетливо выраженным несогласием на пермских отложениях или на допермских образованиях.

11. Круто падающие меловые слои встречаются на побережье только в районах от Бенгела ****** до Нижнего Конго и от Баия до Сержипи.

12. Горизонтально залегающие меловые и третичные отложения, как морские, так и континентальные, покрывают огромные территории между Камеруном и Того, а также в Сеара, Мараньян и южнее. Отложения, широко развитые в Калахари, могут быть приближенно сопоставлены с неогеновыми и четвертичными осадками аргентинской пампы.

13. В этом обобщенном обзоре нельзя опускать важное связующее звено, которое составляют Фолклендские острова. Смятый в складки раз-

---

* Людериц — город в Намибии (Южная Африка). — *Примеч. пер.*

** Ла-Плата — эстуарий рек Парана и Уругвай (Южная Америка). — *Примеч. пер.*

*** Кланвильям — город в Капской провинции ЮАР, в 200 км к северу от Кейптауна. — *Примеч. пер.*

**** Каокофелд — плоскогорье в Намибии, Южная Африка. — *Примеч. пер.*

***** Минас-Жерайс, Баия, Сержини, Сеара, Пиауи и Мараньян — штаты Бразилии. — *Примеч. пер.*

****** Бенгела — город в Анголе, Африка. — *Примеч. пер.*

рез девона и карбона на этих островах почти неотличим от разреза в районе мыса Доброй Надежды. На Фолклендских островах отложения лафонийской системы хорошо сопоставляются с отложениями системы Карру. Стратиграфически и структурно Фолклендские острова тяготеют к юго-западному Капленду, а не к Патагонии.

14. С палеонтологической точки зрения особое внимание следует обратить на: а) «австралийские фации» девона Капской провинции, Фолклендских островов, Аргентины, Боливии и Южной Бразилии в противоположность «бореальным фациям» Северной Бразилии и Центральной Сахары; б) уникальный род рептилий *Mesosaurus* из сланцев Двайка Капской провинции и сланцев Ирати Бразилии, Уругвая и Парагвая; в) флору с гангамоптерис и глоссоптерис, содержащую небольшую примесь северных форм в пластах нижней Гондваны на юге обеих областей; г) флору *Thinnfeldia* верхней Гондваны в Капской области и в Аргентине; д) тропическую фауну неокома на юге Капской области и северо-западе Неукен * в Аргентине; е) северные или средиземноморские фации меловых и третичных фаун севернее тропика Козерога и ж) южно-атлантическо-антарктические фации эоцена (формация Сан-Хорхе) Патагонии.

15. И наконец, географические очертания Африки и Южной Америки поразительно схожи не только в общих чертах, но и в деталях; более того, сходны краевые зоны развития третичных отложений этих областей, за исключением северных, небольших по ширине участков, которые значительной роли не играют».

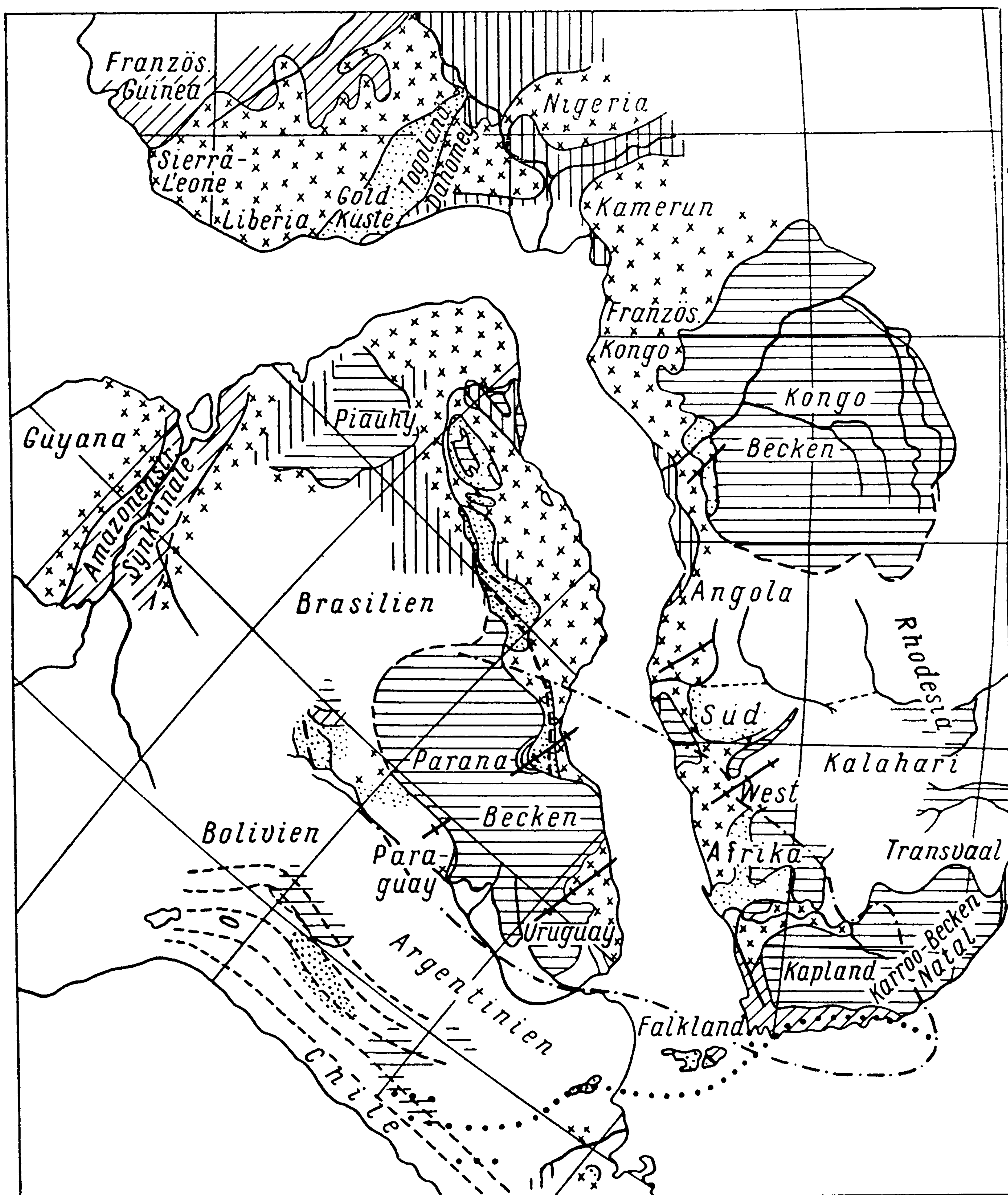
Особый интерес представляет совсем новый момент в геологических связях обоих континентов, на который впервые обращает внимание Дю Тойт. На с. 109 у него сказано:

«Самым важным, однако, является доказательство, которое дает исследование различных фаций внутри отдельных формаций, когда они изучаются в пределах континентов.

Для иллюстрации рассмотрим это на примере двух эквивалентных формаций, из которых одна начинается в Южной Америке вблизи атлантического побережья у точки *A* и, простираясь на запад, достигает точки *A'*, в то время как другая начинается в Африке также вблизи побережья у точки *B* и уходит на восток, достигая точки *B'*. Можно более чем в одном случае доказать, что изменение фаций между точками *A* и *A'* или между *B* и *B'* больше, чем изменение между *A* и *B*, хотя вся ширина Атлантики заключена между *A* и *B*. Другими словами, эти отдельные формации на противолежащих побережьях более сходны между собой, чем в пределах одного континента или наблюдаемых в настоящее время областей распространения формаций на данном континенте. С увеличением числа таких примеров, которые могут быть приведены из разных геологических эпох, эти широко распространенные специфические соотношения нельзя рассматривать как чисто случайные; следовательно, нужно искать удовлетворительное объяснение таким фактам. Более точное исследование показывает далее, что эта неожиданная тенденция проявляется в одинаковой степени независимо от того, являются ли такие

---

* Неукен — провинция и одноименный центр провинции. — *Примеч. пер.*



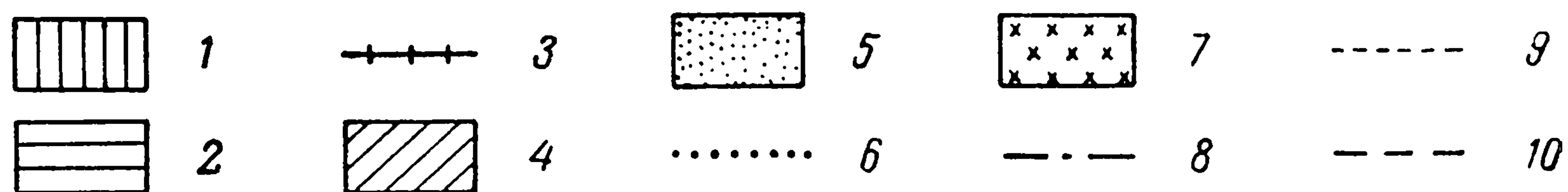


Рис. 18. Прежнее взаимное расположение Южной Америки и Африки (по Дю Тойту).

1 — мел и эоцен; *2* — отложения гондванской системы; *3* — послетриасовое поднятие; *4* — силур, девон и карбон; *5* — протерозой и ранний палеозой; *6* — гондваниды и капская складчатость; *7* — гранит; *8* — границы распространения мезозавров; *9* — андская складчатость; *10* — бразилиды и постнамская складчатость.

формации морскими, дельтовыми, континентальными, ледниковыми, эоловыми или вулканическими».

Дю Тойт приводит в своей книге карту, воспроизведенную на рис. 18, которая показывает взаимное положение обоих континентов до их разделения. Он подчеркивает, что при реконструкциях все же следует оставлять промежуток между современными побережьями по меньшей мере от 400 до 800 км. Только тогда можно будет объяснить наблюдаемое на них различие фаций. По этому пункту я могу полностью с ним согласиться. Дело в том, что между обоими побережьями должно было оставаться пространство не только для образовавшегося ранее шельфа, но, кроме того, вероятно, и для Средне-Атлантического вала (поднятия). Более точные данные о взаимном расположении глыб, по-видимому, будут получены лишь тогда, когда будут обработаны и оценены многочисленные эхолотные измерения, проведенные экспедицией «Метеор». Я полагаю, что таким путем будет установлена картина, сходная с той, которую построил Дю Тойт на основании геологических сопоставлений.

Дю Тойт по праву рассматривает как подтверждение теории перемещения то обстоятельство, что Фолклендские острова, хотя они и поднимаются с шельфа у берегов Патагонии, не обнаруживают никакого геологического родства с Патагонией и скорее сходны с Южной Африкой.[3]

Я должен признать, что книга Дю Тойта произвела на меня исключительное впечатление, поскольку раньше я не ожидал столь близкого совпадения в геологическом строении обоих континентов.

Как уже было показано раньше, на основе палеонтологических и биологических данных можно сделать вывод, что обмен видами между материковыми областями Южной Америки и Африки прекратился в период между ранним и средним мелом. Этому не противоречит предположение Пассаржа [79], что краевые разломы Южной Африки образовались уже в юре, так как трещина, разделившая материки, начала формироваться постепенно на юге, а ей предшествовал длительный период образования краевых разломов и грабенов.

В Патагонии результатом раскола было своеобразное движение глыб, которое А. Виндхаузен [80] описывает следующим образом: «Новое преобразование началось с региональных движений огромных масштабов в середине мелового периода». Оно выразилось в том, что поверхность Патагонии «из области с отчетливым пологим наклоном превратилась в повсеместную зону погружения, находившуюся под влиянием аридных и полуаридных условий и покрытую каменистыми пустынями и песчаными равнинами».

Если мы будем сравнивать противолежащие берега Атлантики, переходя далее на север, то обнаружим, что горы Атласа, расположенные на северной окраине Африканского материка, складчатость которых приходится главным образом на олигоцен, но началась уже в меловом пе-

[3] Признаюсь, что мне все же кажется сомнительным предложенное Дю Тойтом на рис. 18 положение Фолклендских островов в реконструкции, если учесть их современное расположение и карту глубин Южной Атлантики. Я поместил бы их на этой реконструкции скорее южнее, нежели западнее от мыса Доброй Надежды. Однако это второстепенный вопрос, который более определенно будет решен при дальнейших исследованиях.

риоде, не находят своего продолжения на американской стороне.[4] Это совпадает с нашей, представленной в реконструкции, гипотезой о том, что атлантическая расселина в этой части была открыта уже давно. Правда, возможно, что она также была здесь когда-то и совсем закрыта, но ее образование должно было начаться, пожалуй, еще до карбона. Большая глубина западной части Северной Атлантики также, вероятно, указывает на то, что возраст морского дна в этом месте более древний. Следует иметь в виду также несовпадение Пиренейского полуострова с противолежащим участком американского побережья; это делает маловероятным существование непосредственного смыкания этих побережий. Согласно теории перемещения, такое совпадение и не предполагается, так как между Испанией и Америкой расположен широкий подводный массив Азорских островов. Как я пытался доказать, основываясь на первой трансатлантической эхолотной съемке [37], этот массив, вероятно, представляет собой полосу обломков материкового материала, первоначальная ширина которой превышала 1000 км.

То, что эти острова, так же как и остальные острова Атлантики, следует считать в действительности осколками материков, полностью соответствует их геологическому строению. (Однако остается нерешенным вопрос, не состоит ли бóльшая часть их складчатого основания из базальта, так же как и весь Средне-Атлантический вал). Относительно Канарских островов и острова Мадейры также и Гагель [81] приходит к заключению, «что эти острова представляют собой отколовшиеся остатки европейско-африканского материка, от которого они отделились в сравнительно недавнее время».

Недавно Мэтли [105] при геологическом исследовании островов Кайман, расположенных в районе Больших Антильских островов, пришел к выводу, что особенности их строения лучше всего можно объяснить на основе теории перемещения: «Во-первых, все Большие Антильские острова, хотя они местами отделены один от другого значительными расстояниями и большими глубинами, свойственными океану, обнаруживают удивительное сходство в характеристиках их структуры, фаций, а также корреляции геологических формаций и серий вулканических пород. Их геологическая история, насколько она известна, также очень близка. Эти факты не только не противоречат тому взгляду, что Большие Антильские острова раньше располагались ближе друг к другу, чем это имеет место теперь, но, напротив, являются подтверждением теории перемещения. Большие подводные впадины Карибского моря, как, например, жёлоб Бартлетт (между Ямайкой и Кубой), которые уже Табер рассматривал как разлом, являются настолько глубокими, что трудно понять, как могли бы погрузиться столь глубоко в земную кору затонувшие части Антильской материковой массы». Конечно, это незначительная деталь,

---

[4] Жентиль, а недавно также и Штауб в работе [214] усматривают такое продолжение в горах Центрально-Американского региона, а именно в складчатой цепи Антильских островов. Однако Яворский возражает против такого сопоставления, несовместимого с принятой всеми концепцией Э. Зюсса, который считал восточную дугу Кордильер Южной Америки переходящей в Малые Антиллы и, следовательно, поворачивающей снова на запад, без распространения каких-либо ее отрогов в восточном направлении.

но из таких мозаичных осколков составляется в конце концов грандиозная картина всей земной поверхности.

Идя далее к северу, мы наблюдаем одну за другой три древние складчатые зоны, которые переходят с одной стороны Атлантики на другую и дают еще одно весьма впечатляющее подтверждение гипотезы о существовании в прошлом непосредственной связи между материками.*

Прежде всего бросаются в глаза каменноугольные складчатые комплексы, которые Э. Зюсс называет Арморикanскими горами. С ними связаны угольные месторождения Северной Америки, являющиеся непосредственным продолжением европейских. Эти сильно выровненные в настоящее время горы тянутся дугообразно в Европе, простираясь из глубины материка сначала на ЗСЗ, затем на запад, и, огибая юго-западную Ирландию и Бретань, образуют сильно изрезанное побережье (так называемый риасовый берег). Самые южные складчатые цепи этой системы, проходящие через Францию в примыкающем к ней шельфе, по-видимому, поворачивают прямо на юг и продолжаются на испанском полуострове по другую сторону глубокой впадины Бискайского залива, раскрывшейся подобно книге. Зюсс назвал это ответвление «астурийской вихревой структурой». Однако главные цепи проходят, очевидно, дальше на запад через северную часть шельфа. Подвергшиеся в этом месте сильной абразии под действием морского прибоя, они имеют здесь простирание, указывающее на продолжение их в Атлантическом океане.[5]

Продолжаясь на американской стороне, они образуют, как впервые установил в 1887 г. Бертран, отроги Аппалачей в Новой Шотландии и юго-восточном Ньюфаундленде. В этом районе оканчиваются также складчатые горные цепи карбона, которые, как и в Европе, опрокинуты к северу. Они образуют риасовый берег и проходят дальше в сторону океана еще и через шельф Ньюфаундлендской отмели. Их направление в основном северо-восточное; вблизи места отрыва оно переходит в строго восточное. Уже по ранее существовавшим гипотезам предполагалось, что речь идет об единой большой складчатой системе, которую Э. Зюсс называл «трансатлантические Алтаиды». Теория перемещения поэтому упрощает суть дела: обе части этой системы при реконструкции практически почти совпадают, в то время как до сих пор приходилось предполагать существование погрузившейся средней (промежуточной) части, которая должна была быть длиннее известных нам окончаний этой же системы на материках. Пенк уже столкнулся с этим затруднением. На линии, соединяющей места разрыва, расположено несколько отдельных возвышений морского дна, которые до сих пор считались вершинами погрузившейся горной цепи. По нашему представлению, это части, отколовшиеся от краев материковых глыб. Их отрыв вполне можно предположить в подобных зонах тектонических нарушений.

Далее, в Европе, непосредственно к северу от вышеописанных цепей, в Норвегии и Северной Англии, проходят складчатые цепи еще более

* Имеется в виду связь между Америкой и Европой. — *Примеч. пер.*

[5] Отличающееся от мнения Э. Зюсса предположение Коссмата [82], что все европейские складки огибают океаническую область и возвращаются к Пиренейскому полуострову, трудно поддержать, так как такая большая складчатая дуга не могла бы уместиться на шельфе.

древних гор, возникших приблизительно на границе силурийского и девонского периодов. Э. Зюсс называет их Каледонскими горами. Андре [83] и Тильманн [84] занимались вопросом о продолжении этих горных складок в «канадских каледонидах» (Термье), в частности в канадских Аппалачах. Говоря о таком совпадении, следует иметь в виду, что эти каледонские складки в Америке были еще раз переработаны вышеупомянутой арморикaнской * складчатостью. То же имело место и в Средней Европе (Высокий Фенн и Арденны), но такой переработки не было в Северной Европе. Соответствующие друг другу части этих каледонских складок следовало бы искать, вероятно, в Шотландском нагорье и Северной Ирландии, с одной стороны, и в Ньюфаундленде — с другой.

К северу от каледонской складчатой области Европы, примыкая к ней вплотную, располагаются еще более древние (альгонкские) гнейсовые горы Гебридских островов и Северной Шотландии. На американской стороне им соответствуют разновозрастные гнейсовые горы Лабрадора, которые достигают пролива Белл-Айл на юге и широко прослеживаются в Канаде. Направление простирания — с северо-востока на юго-запад, характерное для Европы, в Америке изменяется от точно такого же до широтного. Даке [22] по этому поводу замечает: «Из этого можно заключить, что цепь пересекает Северо-Атлантический океан». Во всяком случае, предполагаемая (погрузившаяся по существовавшим до сих пор представлениям) часть цепи должна была иметь в длину 3000 км; прямое продолжение ее европейской части при современном положении материков также составляет несколько тысяч километров, поскольку она простирается в Южную Америку. По теории же перемещения континентов американская часть цепи испытывает поперечное смещение и одновременно поворот. Поэтому она примыкает непосредственно к европейской части и выступает в качестве ее продолжения.

К рассмотренной только что области относятся конечные морены большой плейстоценовой шапки материкового льда Северной Америки и Европы. Они отложились в те времена, когда Ньюфаундленд уже откололся от Европы, в то время как на севере у Гренландии глыбы все еще были соединены. Во всяком случае, Северная Америка тогда была гораздо ближе к Европе, чем теперь. Морены на нашей реконструкции (показанной на рис. 19), которая построена для времени, предшествовавшего отделению материков, соединяются без перерывов и пробелов. Это было бы весьма маловероятно, если бы береговые линии ко времени их отложения уже были отдалены на современное расстояние в 2500 км. К тому же край американского материкового льда находится в настоящее время на 4.5° южнее, чем европейский.

Рассмотренное выше сходство строения атлантических берегов, в частности складок Капских гор и сьерры Буэнос-Айреса, соответствие в залегании изверженных и осадочных пород, в направлениях простирания и в бесчисленных других особенностях больших гнейсовых плато Бразилии и Африки и арморикaнской, каледонской и альгонкской складча-

* Арморикaнская складчатость в понимании европейских, в особенности немецких, геологов соответствует герцинской, или варисской, складчатости. — *Примеч. пер.*

тых систем, а также в расположении плейстоценовых конечных морен создает в совокупности, хотя и обобщенное в некоторых деталях, но трудно опровержимое доказательство правильности нашей концепции о том, что Атлантический океан следует рассматривать как расширившуюся трещину. При этом решающее значение имеет следующее обстоятельство: хотя вывод о соединении глыб сделан по совсем другим данным, а именно на основании сходства их контуров, при таком соединении каждая структура на одной стороне имеет продолжение на другой.

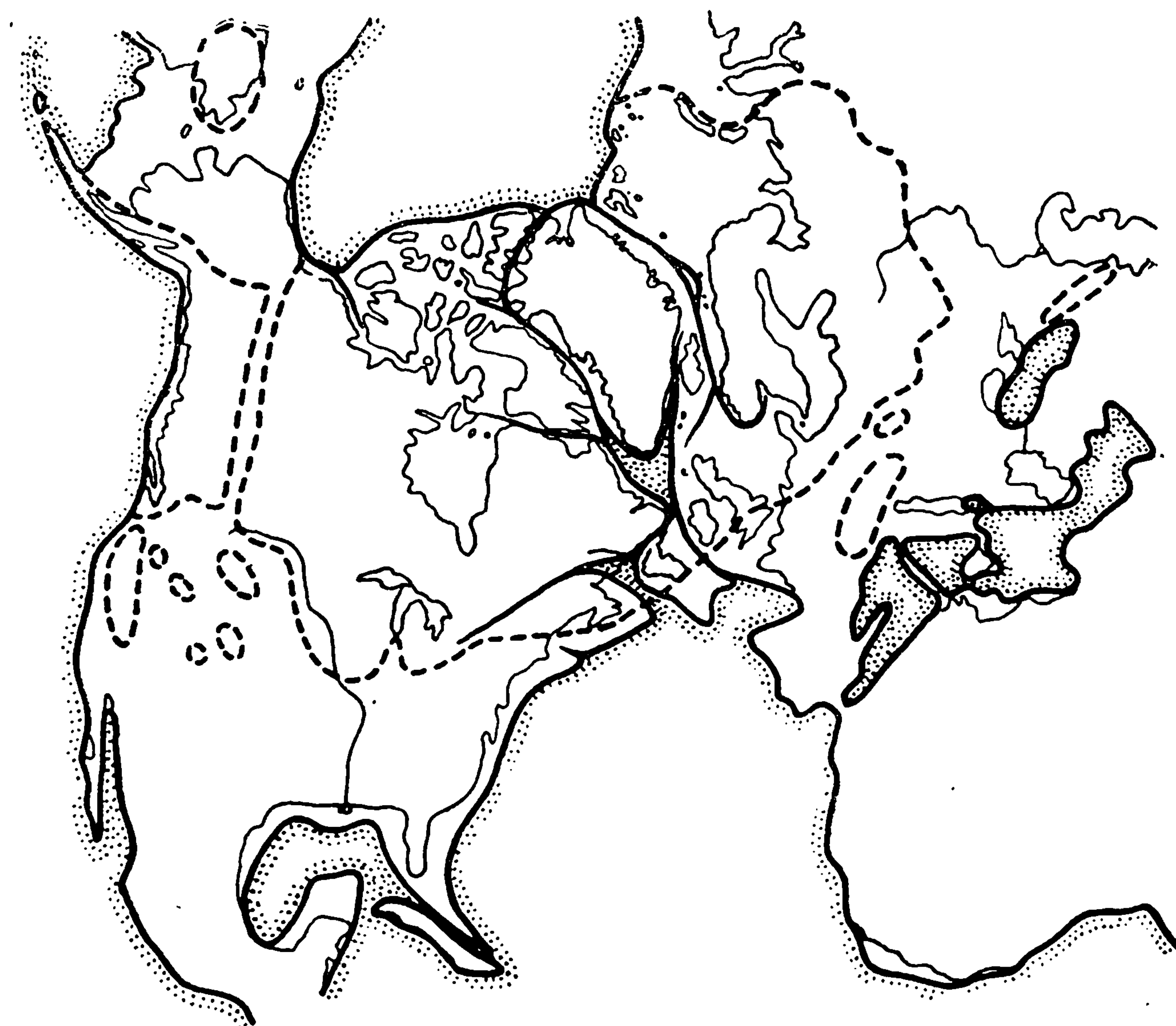


Рис. 19. Границы распространения материкового льда в четвертичном периоде.

Нанесены на реконструкцию, построенную для времени, предшествовавшего полному отрыву Северной Америки от Европы.

Это выглядит так, как будто мы составляем куски разорванной газеты по их контурам, а потом проверяем, хорошо ли совпадают печатные строки. Если они совпадают, то не остается ничего иного, как предположить, что эти куски действительно составляли когда-то одно целое. Если даже всего единственная строка дала возможность это проверить, то уже налицо большая вероятность правильности соединения. Если же совпадает n строк, то эта вероятность увеличивается в n-й степени. Конечно, небесполезно выяснить, что это означает.

Предположим, что мы только на основании нашей первой «строки» — складок Капских гор и сьерры Буэнос-Айреса — поспорим на 10 против одного, что теория перемещения правильна. Поскольку всего имеется по меньшей мере шесть таких независимых совпадений, то, зная их, мы можем спорить уже на 10^6, т. е. на миллион против одного, что наша гипотеза правильна. Эти цифры могут считаться преувеличенными. Мы

приводим их лишь для того, чтобы показать, что означает при окончательном выводе увеличение числа независимых совпадений.

Севернее рассматриваемого района атлантическая расселина раздваивается, проходя по обе стороны Гренландии, и постепенно суживается. Вследствие этого совпадение обеих сторон утрачивает в этом месте свою доказательность, но возникновение расселины также и при современном положении глыб становится все более легко объяснимым. И все же

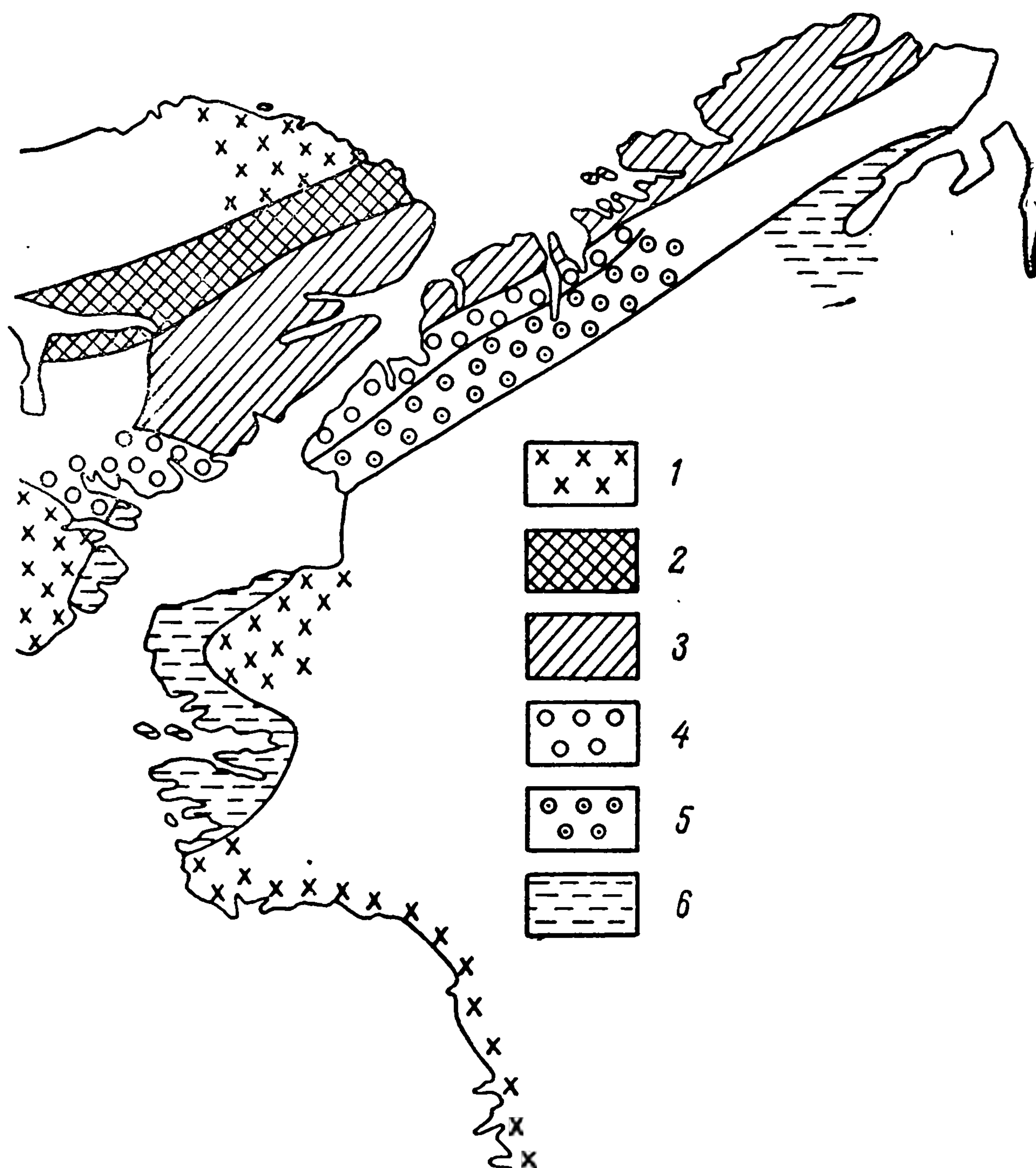


Рис. 20. Геологическая карта северо-западной Гренландии (по Лауге—Коху).

1 — архей; *2* — карбон; *3* — девон; *4* — верхний силур; *5* — средний силур и ордовик; *6* — кембрий и ордовик.

интересно довести сравнение до конца. Мы находим обломки обширного базальтового покрова на северном краю Ирландии и Шотландии, на Гебридских и Фарерских островах, затем он тянется через Исландию к ее гренландской стороне, где образует большой полуостров, который граничит с проливом Скорсби на юге, и прослеживается далее на побережье до 75° с. ш. На западном берегу Гренландии также встречаются обширные базальтовые покровы. Во всех этих местах между базальтовыми покровами попадаются пласты углей, содержащие одинаковые наземные растения. Из этого можно сделать вывод о былой материковой связи. Такой же вывод можно сделать и на основании того, что девонские континентальные отложения (красноцветы) встречаются в Америке от Ньюфаундленда до Нью-Йорка, а также в Англии, в южной Норвегии и на

побережьях Балтийского моря, в Гренландии и на островах Шпицберген. Эти находки в совокупности обрисовывают единую картину области распространения таких отложений, которая в момент их образования составляла одно целое, а в настоящее время раздроблена. Раньше эту раздробленность относили на счет погружения промежуточных частей материков, но по теории перемещения — это результат раскола и дрейфа материковых глыб.

В этой связи следует упомянуть о наличии сходных по своему происхождению недислоцированных отложений карбона в северо-восточной Гренландии на 81° с. ш., с одной стороны, и на Шпицбергене — с другой.

Между Гренландией и Северной Америкой также обнаруживается ожидаемое сходство в строении. У мыса Фарвель и к северо-западу от него, согласно геологической карте Америки, составленной Геологической службой США, обнаруживается много выходов докембрийских интрузивных пород среди гнейсов, которые на американской стороне вновь встречаются как раз в соответствующем месте, а именно на северной стороне пролива Белл-Айл. У проливов Смит и Робсон на северо-западе Гренландии перемещение выразилось не в разъединении краев трещины, а в большом горизонтальном смещении — сдвиге. Земля Гриннелла * скользит вдоль Гренландии, благодаря чему создается поразительно прямолинейный контур обеих глыб. Результат этого смещения можно увидеть на геологической карте участка северо-западной Гренландии, составленной Лауге-Кохом [85] и изображенной на рис. 20. О величине смещения можно судить по расположению границы между отложениями девона и силура, которая на Земле Гриннелла находится на 80°10′, а в Гренландии — на 81°30′. Открытая этим же автором каледонская складчатая система, которая проходит из Гренландии к Земле Гриннелла, также позволяет увидеть следы этого перемещения.

Коротко следует остановиться на том, каким образом проводилась реконструкция доатлантических континентальных связей.

Более подробное описание учитываемых при этом явлений, таких как пластичность сиалических глыб, плавление их снизу и т. д., будет приведено позже. Однако уже при сравнении геологического строения краев расселины необходимо немного сказать об этом, дабы избежать недоразумений.

Если говорить о Северной Америке, то наша реконструкция отличается от современной карты постольку, поскольку Лабрадор оказывается сильно отодвинутым на северо-запад. Можно предположить, что сильное растяжение, приведшее в конце концов к отрыву Ньюфаундленда от Ирландии, еще раньше, чем произошел этот отрыв, вызвало поверхностный разрыв части глыбы с обеих сторон. На американской стороне не только был выломлен Ньюфаундлендский блок (включая Ньюфаундлендскую банку), который повернут примерно на 30°, но и весь Лабрадор при этом был сдвинут в направлении на юго-восток, так что прямолинейный вначале разлом грабена реки Св. Лаврентия—пролива Белл-Айл приобрел

---

* По смыслу имется в виду о-в Элсмир в целом. Согласно БСЭ (т. 30, с. 150), многочисленные фьорды разделяют остров на несколько частей — Земель (Гранта, Гриннелла, Свердрупа, Элсмир). — *Примеч. пер.*

теперешнюю S-образную форму. Таким же образом, вероятно, образовались или увеличились при упомянутом растяжении мелководные Гудзонов залив и Северное море. Поэтому Ньюфаундлендский шельф нуждается в двукратной корректировке своего положения (поворот и сдвиг к северо-западу). В результате при такой реконструкции выявляется более близкое соответствие края этого шельфа с шельфовой линией Новой Шотландии, по отношению к которой в настоящее время он сильно выдается.

Можно полагать, что Исландия расположена между двойной трещиной, на что указывает и современная карта глубин окружающих ее акваторий. Возможно, в этом месте вначале образовалась трещина (грабен) между гренландским и норвежским гнейсовыми массивами, которая затем частично заполнялась расплавленной сиалической массой, вышедшей из-под глыбы. Однако поскольку трещина, подобно современному Красному морю, была заполнена в основном симой, то повторное сжатие глыбы могло подействовать таким образом, что эта заполненная симой часть была оторвана снизу от более глубоких зон и выдавлена вверх; в результате образовалось крупное базальтовое плато. Резонно предположить, что этот процесс происходил в третичное время. В то же время благодаря перемещению Южной Америки на запад момент вращения должен был перейти и на Северную Америку, что выразилось в сжатии, ориентированном в северном направлении и действовавшем до тех пор, пока сохранялось соединение складчатых цепей, переходящих от Ирландии к Ньюфаундленду.

В этой связи следует также совсем кратко упомянуть о Средне-Атлантическом вале, образующем поднятие на дне океана.[6] Концепция Ога, рассматривавшего всю Атлантику как гигантскую «геосинклиналь», а Срединно-Атлантический вал — как начало складчатости в этой геосинклинали, теперь почти всеми рассматривается как недостаточно обоснованная. Мы сошлемся здесь только на критику этой концепции в работе Андре [16]. По моему мнению, этот вал представляет собой во всяком случае остаточный материал после разделения глыб. При этом можно предположить, что вместо единой трещины в этом месте возникло сетеобразное переплетение трещин, т. е. целая полоса обломков, бóльшая часть которых погрузилась ниже уровня моря, так как подстилающий их субстрат растягивался и сплющивался. Там, где современные края уже не столь хорошо подходят один к другому, эта зона разрушения могла иметь значительную ширину.

Выше упоминалось, что район Азорских островов соответствует полосе разрушений, которая первоначально могла иметь ширину более 1000 км. Правда, это исключительный случай, в большинстве мест Срединно-Атлантический вал значительно у́же. Из предложенного Дю Тойтом рис. 18 можно было бы, с учетом существующих ныне шельфов у краев континентов, сделать вывод о том, что полоса разрушения имела ширину лишь в несколько сотен километров, а местами, возможно, была еще у́же. В такой реконструкции было бы понятно, почему края материковых

---

[6] Батиметрия приводится по карте Атлантического океана в «Географии Атлантического океана» Шотта (2-е изд. Гамбург, 1926).

глыб в этом месте еще и теперь отчетливо конгруэнтны,* если не считать некоторых несовпадений, таких как банка Аброльюс или выступ шельфа у устья реки Нигер. Наши карты реконструкции на рис. 4 и 5 схематичны в том смысле, что они, быть может, недостаточно учитывают эти трудно оцениваемые полосы разрушений. Но трудно сказать, удастся ли когда-нибудь точно осуществить реконструкцию в таких деталях. Ведь даже если совершенно точно будет известен батиметрический профиль морского дна Атлантического океана, все же может быть не выяснено, насколько значительна часть этих масс, состоящая из базальта, который первоначально находился под обоими современными континентальными глыбами и затем был вытащен из-под них или вытекал в процессе разделения путем «миграции» материала. Эту часть в рельефе дна при реконструкции следовало бы не учитывать.

В геологическом отношении об остальных предполагаемых нами континентальных связях можно сказать меньше, чем об атлантической трещине.

Мадагаскар, подобно соседней Африке, состоит из плато, сложенного гнейсами, смятыми в складки северо-восточного простирания. Около линии отрыва с обеих сторон сформировались идентичные морские осадки, которые наводят на мысль, что с триаса обе территории были разделены затопленным грабеном — зоной опускания. К такому же предположению приводит изучение наземной фауны острова Мадагаскар. Однако еще в середине третичного периода, когда Индостан был уже отодвинут от Африки, отсюда, согласно Лемуану [87], мигрировали два животных — *Potamochoerus* и *Hippopotamus*, которые, как он считает, могли переплыть морской пролив шириной максимум 30 км, тогда как теперь Мозамбикский пролив имеет ширину добрых 400 км. Следовательно, только после этого периода Мадагаскарская глыба могла оторваться от Африки и в той ее части, которая находилась под водой. Таким образом, в своем перемещении к северо-востоку Индостан значительно опередил глыбу Мадагаскара.

Немаловажной особенностью в строении Африки являются разломы, проходящие большей частью в меридиональном (С—Ю) направлении, особенно широко развитые в Восточной Африке. Эванс в интересном исследовании о районах Земли, находящихся в напряженном состоянии [107], подчеркивает, рассматривая различные аргументы в пользу теории перемещения континентов, следующий пункт: «Многое в структуре Африканского континента еще нуждается в определении, но, насколько она известна, ее особенности приводят к выводу, что повсюду наблюдается господство напряжений, направленных от центра материка к его периферии. Это совпадает с концепцией Вегенера, согласно которой в начале мезозойской эры существовал большой „праконтинент“, центром которого была Африка, и с тех пор он подвергся разломам и раздроблению вследствие относительного перемещения Южной Америки к западу, За-

* Конгруэнтные фигуры — геометрические фигуры, переходящие друг в друга при движении. — ***Примеч. пер.***

падной Антарктики — к юго-западу, Индии — к северо-востоку, Австралии — к востоку и Восточной Антарктики — к юго-востоку».[7]

Индостан также является плоской плитой, состоящей из гнейсов, смятых в складки. Эта складчатость даже теперь определяет форму древних гор Аравалли на крайнем северо-западе полуострова (у границы пустыни Тар), а также очень древних гор Корана. По Зюссу, она направлена в первом случае на северо-восток 36°, в последнем — на северо-восток. Итак, оба направления достаточно хорошо соответствуют африканским и мадагаскарским направлениям простирания складок, даже после небольшого поворота Индии, необходимого при реконструкции. Впрочем, в этом же месте рядом обнаруживается также несколько более поздняя, но все же древняя складчатость в Гатах Неллуру * или в горах Веллаконда, которая простирается с севера на юг. Ее, вероятно, можно сопоставить с также более молодой складчатостью меридионального простирания в Африке. Районы распространения алмазов в Индии примыкают в реконструкции к алмазным месторождениям Южной Африки. В нашей реконструкции предполагается, что западный берег Индии соприкасался с восточным побережьем Мадагаскара. Оба берега имеют чрезвычайно прямолинейный обрыв гнейсового плато. Это наводит на мысль, что после образования трещины они могли скользить один вдоль другого, подобно скольжению Земли Гриннелла по отношению к Гренландии. На северном конце этого обрыва, длина обоих берегов которого соответствует 10°, распространены базальты. В Индии — это начинающиеся на 16° с. ш. базальтовые покровы Декана. Их образование происходило с начала третичного периода, что дает основание предполагать причинную связь излияния базальтов с отторжением Индийского блока. Самая северная часть острова Мадагаскар сложена из двух различных по возрасту базальтовых покровов, время образования которых точно еще не определено.

Гигантские складки Гималайских гор, образовавшиеся главным образом в третичном периоде, свидетельствуют о сжатии столь значительного участка земной коры, что при реконструкции первичных очертаний Азиатского материка его первоначальную ширину следует считать совсем другой. Вероятно, в этом сжатии участвовала вся Восточная Азия — от Тибета и Монголии вплоть до озера Байкал и, возможно, даже до Берингова пролива. Новейшие исследования показали, что раньше процессы складчатости ни в коей мере не ограничивались Гималаями. Они образовали складки в эоценовых отложениях хребта Петра Первого, имеющего высоту до 5600 м, и создали в системе Тянь-Шаня крупные шарьяжи [88]. Но и там, где отсутствуют такие явления складчатости, нескладчатые возвышенности материка находятся в тесной связи с процессом складкообразования. Огромные массы сиалического материала, погрузившегося при образовании складок в глубину, должны были там расплавиться и, распространяясь, подпирать примыкающие части материковой глыбы, вызывая тем самым поднятие этих областей.

---

[7] В начале этих движений ориентировка параллелей и меридианов по странам света значительно отличалась от современной, так как положение полюсов изменилось.

* Неллуру — штат Андхра-Прадеш, Индия. — *Примеч. пер.*

Мы ограничимся в своем исследовании самым высоким регионом Азиатской глыбы, который лежит в среднем на 4000 м выше уровня моря и имеет в направлении сжатия ширину 1000 км. Допустим (несмотря на его высоту, бо́льшую, чем средняя высота Альп) одинаковое с Альпами его сокращение, а именно на одну четвертую часть его первоначального размера. В этом случае мы получим смещение Индостана



Рис. 21. Лемурийское сжатие.

на 3000 км. Таким образом, до этого сжатия указанный регион должен был находиться возле Мадагаскара. Следовательно, для погрузившейся «Лемурии» в старом ее понимании не остается места.

Следы этого гигантского сжатия видны также еще справа и слева от вышеописанной, довольно узкой зоны сжатия. Отделение Мадагаскара от Африки, вся система молодых грабенообразных разломов Восточной Африки, к которой относятся также Красное море и долина реки Иордан, представляют собой частные случаи в этой картине. Сомалийский полуостров был смещен, вероятно, несколько на север, и с этим связано выжимание Абиссинских гор. Сиалические массы, опустившиеся в этом месте ниже изотермы плавления, потекли под этой глыбой на северо-восток, чтобы излиться между Абиссинией и Сомалийским полуостровом, где разломы сходятся под углом. Аравия также еще испытывала тягу на

северо-восток и отрогами гор Эль-Ахдар вонзилась, подобно шпоре, в горные цепи Южного Ирана. Веерообразное соединение хребтов горной системы Гиндукуш и Сулеймановых гор наводит на мысль, что в этом месте располагается западная граница сжатия. Ее точное зеркальное отражение имеется и на восточном крае Индийской глыбы, где характерное для Аннама, Малакки и Суматры направление горных цепей сменяется в Бирме на меридиональное. По-видимому, вся Восточная Азия была затронута этим сжатием. Западная граница зоны сжатия намечается в ступенчатой системе складок между Гиндукушем и озером Байкал с ее продолжением до Берингова пролива, тогда как восточную границу образуют выпуклые линии берега с гирляндами островов Восточной Азии.

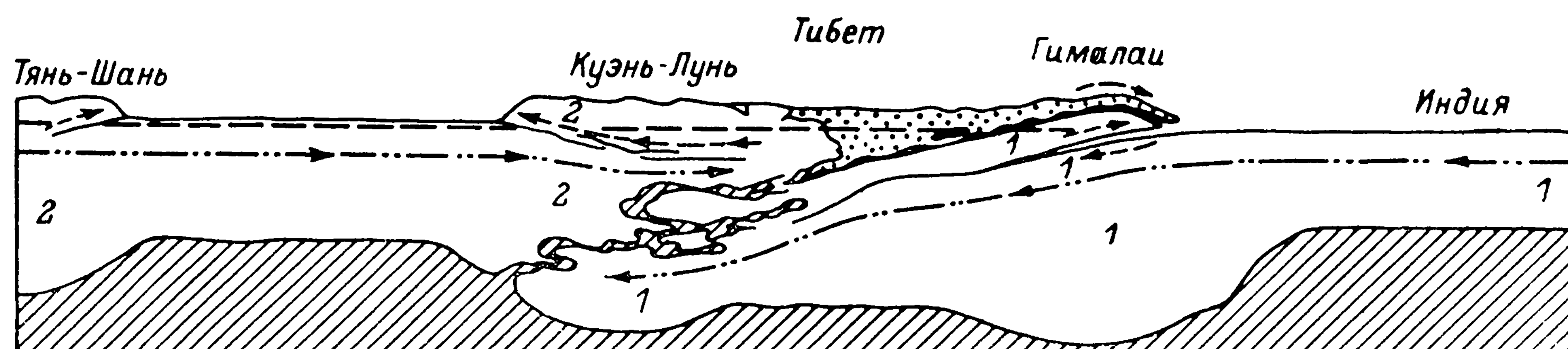


Рис. 22. Меридиональный разрез лемурийского сжатия (по Аргану).
1 — Лемурия (Индия); *2* — Азия.

На первый взгляд эти гипотезы покажутся, возможно, фантастическими, однако они вполне подтверждаются новейшими исследованиями тектонистов. Это в особенности относится к появившемуся в 1924 г. обширному исследованию Аргана по тектонике Азии [20].

На рис. 22 мы воспроизводим одну из его иллюстраций, которой он поясняет свое представление об обширном сжатии горной Азии. Этот чертеж представляет собой меридиональный разрез от Индии до Тянь-Шаня, отвечающий, по мнению Аргана, концу третичного периода; штриховка обозначает подкоровый слой (симу, несущую материковые глыбы), белым обозначены сиалические глыбы, точками — комплексы, возникшие из отложений палеоокеана Тетис. Отмечены основные породы (сима), захваченные сиалем. Стрелки показывают относительные перемещения. В такой трактовке мы имеем здесь дело главным образом с гигантским надвигом, при котором сиалическая глыба Лемурии была пододвинута под Азиатскую глыбу.

Из других иллюстраций, которые имеются в этой важной работе Э. Аргана, мы приведем еще только рис. 23, который наглядно показывает, насколько полно совпадают результаты исследований выдающегося тектониста с заключениями, следующими из теории перемещения (дрейфа) материков. Арган обращает, между прочим, внимание на следующую особенность. Если рассматривать направления трех зон складчатости основания I, II, III, которые он воспринимает как крупную виргацию, то отдельные контуры обнаруживают изгиб, схожий с Андами Южной Америки, но уменьшающийся к востоку. Отсюда он заключает (с. 317, 318): «Пластический толчок, последовавший с запада и передававшийся всей

основной структуре Гондваны, отразился на всей континентальной массе, и его влияние на формирование контуров к востоку постепенно затухало». Как и у всех глубинных складок, в данном случае для объяснения особенностей структуры необходимо учитывать трение о подстила-

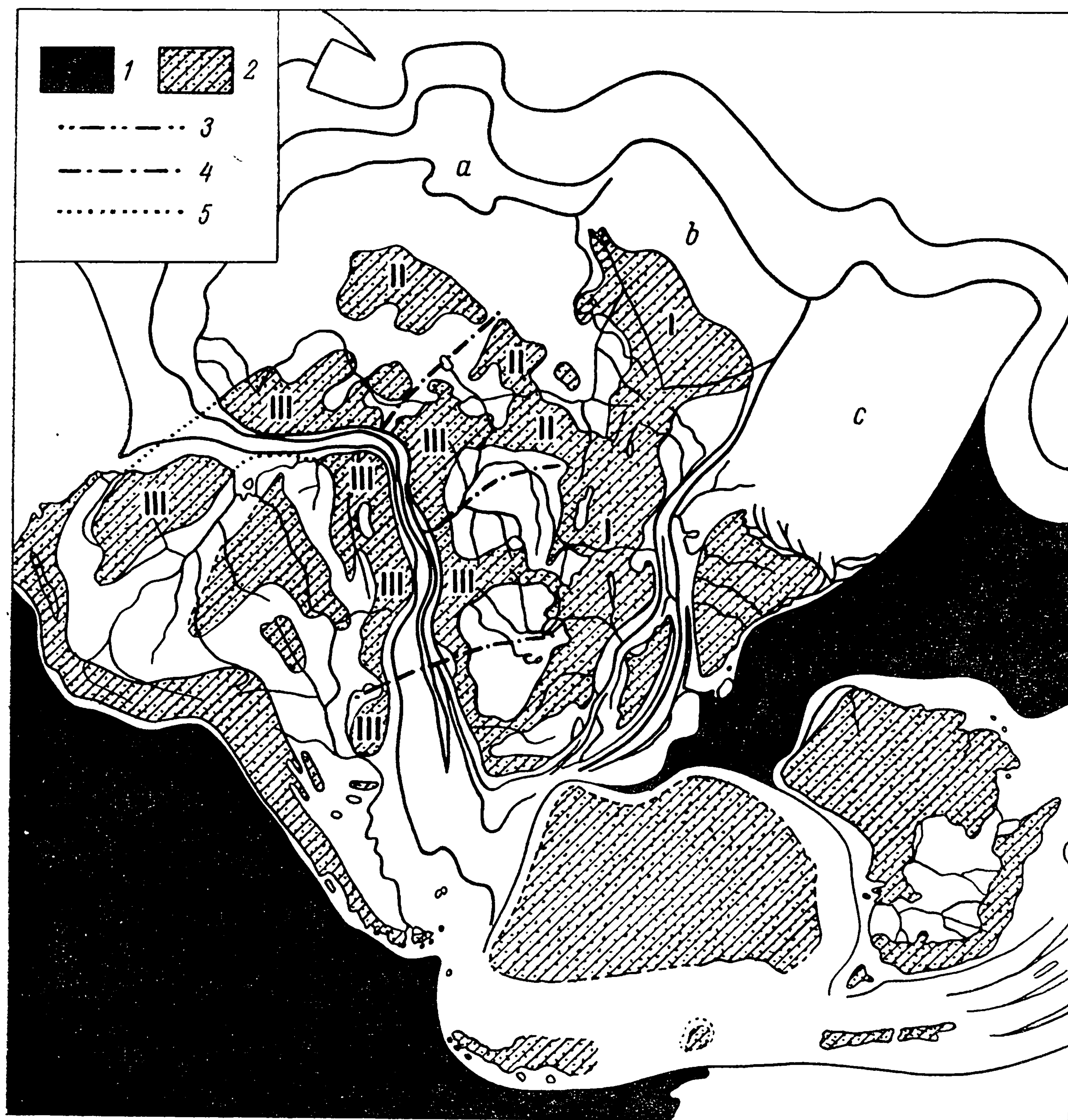


Рис. 23. Тектоническая карта Гондваны (по Аргану).

1 — преимущественно сима; *2* — области преимущественного распространения антиклинальных глубинных складок; *I, II, III* — три ветви внутренней виргации Гондванской глыбы; *3* — кульминации (подъем) осей глубинных складок; *4* — погружения осей глубинных складок; *5* — линии, соединяющие ныне разобщенные объекты; *a, b, c* — африканский, арабский и индийский выступы Гондваны.

ющую симу и внутреннюю деформацию сиаля. К тому же здесь имело место «до атлантического раскола сопротивление тихоокеанской симы перед дрейфующей на запад Гондваной, т. е. на передней стороне того блока, который стал теперь Южной Америкой... Напрасно было бы пытаться объяснить все эти гомологии без такого сочетания сил между Андами и этой виргацией... Существование андских движений севернее

района Танганьики, которое подтверждается несогласным залеганием среднего мела на слоях юры, показывает, что это сочетание сил, далекое от того, чтобы быть иллюзорным, охватывало по меньшей мере всю ширину еще связанных друг с другом глыб Южной Америки и Африки».

Следует указать еще на другой результат Аргана. Он определил интенсивность глубинной складчатости в зонах главной складчатости. Здесь не место останавливаться на его методе. Результаты он выражает в тоннах на единицу длины. Далее он различает «тоннаж» глубинных складок (охватывающих слой сиаль) и тоннаж «новых цепей», имеющих меньшее значение при рассмотрении процесса складкообразования в энергетическом аспекте. Статистическим путем он находит, что в средиземноморской цепи складок (Альпы — Гималаи) «тоннаж» сильно колеблется в отличие от цепей складок, окаймляющих Тихий океан. В частности, громадное центрально-азиатское сжатие не имеет параллели на тихоокеанских берегах. Далее, «тоннаж» на североамериканском западном побережье оказывается значительно больше, чем на восточном побережье Азии. И, наконец, в-третьих, тоннаж новых цепей в Восточной Азии как абсолютно, так и относительно больше, чем в Северной Америке, где он почти полностью отсутствует. Это еще раз подчеркивает подчиненность Восточной Азии в отношении размеров интенсивности складчатости.

Первый результат, а именно большую изменчивость в интенсивности складчатости в средиземноморской складчатой зоне, Арган объясняет гетерогенностью тех сиалических глыб, которые в этом месте имеются. «Наоборот, слабые колебания тоннажа в околотихоокеанском районе свидетельствуют о присутствии или преобладании под Тихим океаном более гомогенного и податливого материала, чем сильно гетерогенные и всегда очень устойчивые континентальные блоки... Теория перемещения без труда принимает факты распределения тоннажа и их непосредственное истолкование. Для нее сравнительно гомогенным и податливым материалом Тихого океана является сима... Теория перемещения легко объясняет вторую и третью группы фактов, в которых выражается энергетическая подчиненность Восточной Азии по сравнению с Америкой. Она допускает процессы, развивавшиеся как на передней стороне перемещающихся блоков (при известных условиях они прижимают и сминают в складки сиаль на симе), так и процессы, развивавшиеся на их задней стороне, которые заключаются в удалении сиаля. Благодаря этому происходит более или менее полное прекращение складкообразования и возникают дислокации, связанные с проявлениями сил растяжения: разломы типа раздвигов, петлеобразные разрывы, которые образуют окраинные моря, отрыв и отставание (в процессе движения) горных цепей, которые тянутся вслед за континентом в виде более или менее оторванных гирлянд, в то время как сима, вынужденная приспособиться к новым условиям, поднимается позади переместившейся материковой глыбы. Вследствие запаздывания, с которым происходит этот подъем, возникают глубокие желоба, которые называются, по классическому определению, краевыми прогибами. Поскольку теория перемещения континентов требует, чтобы процессы, характерные для передней стороны глыб, происходили преимущественно на западном краю Америки, а процессы, характерные для задней стороны, — в Восточной Азии в течение долгого времени, то

перевес в тоннаже первого типа деформаций над последним объясняется сам собой.

...Изящность, с какой теория перемещения континентов объясняет эти существенные факты, которые к моменту ее разработки еще не были известны, несомненно является убедительным свидетельством в ее пользу. Хотя, строго говоря, ни один из этих фактов сам по себе не доказывает теорию перемещения или наличие подкорового материала — симы, все они отлично согласуются с этой теорией до такой степени, что делают ее очень вероятной».

Таковы высказывания Аргана, который, как мы видим, в своей работе о тектонике Азии рассматривает также и главные черты геологического облика всей Земли.

Было бы интересно провести точное геологическое сопоставление восточного побережья Индостана и западного побережья Австралии, так как они или, вернее, края их шельфов, согласно нашим предположениям, соприкасались непосредственно один с другим примерно до юрского времени. Однако до сих пор такое сравнение с геологической точки зрения, видимо, еще не проводилось. Восточное побережье Индостана представляет собой резкий обрыв гнейсового плато. Оно прерывается лишь узкой грабенообразной депрессией реки Годавари, представляющей собой угленосный район, который сложен нижними гондванскими слоями. Верхние гондванские слои, следуя линии берега, на окраине грабенообразной депрессии залегают несогласно и вкрест простирания нижних гондванских слоев. Западная Австралия, подобно Индостану и Африке, представляет собой гнейсовую плиту с волнистой поверхностью. Вдоль береговой линии она спускается длинным крутым обрывом (хребет Дарлинга и его северное продолжение). Перед обрывом располагается опустившаяся полоса равнины, сложенная палеозойскими и мезозойскими слоями, прорванная в немногих местах базальтами, а перед ней — опять узкая, иногда совсем исчезающая у самого берега полоса гнейсов. В указанных отложениях у реки Ирвинг тоже находится угленосный район. Простирание гнейсовых складок в Австралии повсюду меридиональное. При примыкании к Индостану они приобрели бы, следовательно, северо-восточную ориентировку (СВ—ЮЗ) и, таким образом, оказались бы параллельны господствующему там простиранию.

На востоке Австралии, вдоль берега с юга на север, проходят Австралийские Кордильеры, сформировавшиеся главным образом в карбоне. Они заканчиваются ступенчатой системой складок, поворачивающих на запад. Лишь отдельные складки простираются точно в меридиональном направлении. Подобно ступенчатым складкам между Гиндукушем и озером Байкал, они определяют боковую границу сдвига: гигантская складчатость Анд, которая, начинаясь на Аляске, проходит через четыре части света, заканчивается в этом районе. Самые западные цепи австралийских Кордильер являются наиболее древними, самые восточные — наиболее молодыми. Тасмания образует продолжение этой системы складок. Интересно, что строение этих гор является зеркальным отражением строения южно-американских Анд, где вследствие расположения по другую сторону от полюса самые восточные цепи являются наиболее древними. Однако в Австралии отсутствуют наиболее молодые (кайнозой-

ские) горные цепи. Зюсс находит их снова в Новой Зеландии [12]. В этом месте складчатость также не достигает третичного периода: «По мнению большинства новозеландских геологов, основной период образования складок Маорийской горной цепи приходится на промежуток между юрой и мелом». До этого почти все было покрыто морем; только складкообразование «превратило новозеландский регион в материковую массу». Верхнемеловые и третичные образования располагаются большей частью по краям островов и не затронуты складчатостью. На острове Южном Новой Зеландии меловые отложения имеются на восточном берегу и отсутствуют на западном. В третичном периоде произошло «погружение западного берега», «ибо третичные морские отложения встречаются также и на нем». В позднетретичную эпоху возникли, наконец, и другие, хотя и меньшего размера, складки, сбросы и надвиги, которые определили совре-

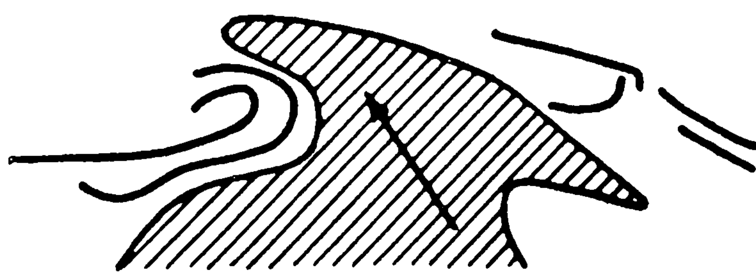


Рис. 24. Разделение островных цепей Новой Гвинеи (схема).

менную форму гор (Вилкенс [89]). По теории перемещения, все это объясняется тем, что Новая Зеландия составляла прежде восточный край Австралийской глыбы, причем ее главные складки примыкали к австралийским Кордильерам. Но когда новозеландские цепи отделились в виде гирлянды, то прекратился и процесс складкообразования. Раннетретичные нарушения, возможно, связаны с продвижением и удалением Австралийской глыбы.

Об этих последних движениях Австралии нам дает некоторые сведения карта глубин окрестностей Новой Гвинеи. Большая Австралийская глыба вместе с шельфом, как это схематически изображено на рис. 24, внедряется с юго-востока своим передним утолщенным концом, имеющим вид наковальни, в высокие складчатые горы Новой Гвинеи между цепями самых южных Зондских островов и архипелагом Бисмарка. Посмотрим, как выглядят оба ряда Зондских островов на батиметрической карте (рис. 25).[8] Проходящая широтно цепь остров Ява—остров Ветар в конце спирально изгибается, протягиваясь через острова Банда к банке Сибога и изменяя свое северо-восточное направление на северо-западное, западное и юго-западное. Расположенная перед ней цепь острова Тимор уже своим нарушенным спиралеобразным видом свидетельствует о столкновении с австралийским шельфом, что и подтвердил X. А. Броувер на основе геологических данных [90]. Эта цепь далее изгибается в виде подобной же спирали по направлению к острову Буру.

Здесь следует привести интересную подробность, которой Броувер посвящает специальную публикацию [112]. Во внутренней цепи (о. Ява —

[8] Особенно наглядной является прекрасная карта Зондских островов в статье Г. А. Моленграфа «Современные глубоководные исследования на востоке Индийского архипелага» (Georg. J., 1921, Febr., S. 95—121). На ней возвышенности и глубины моря показаны в одинаковых интервалах (по высоте или глубине).

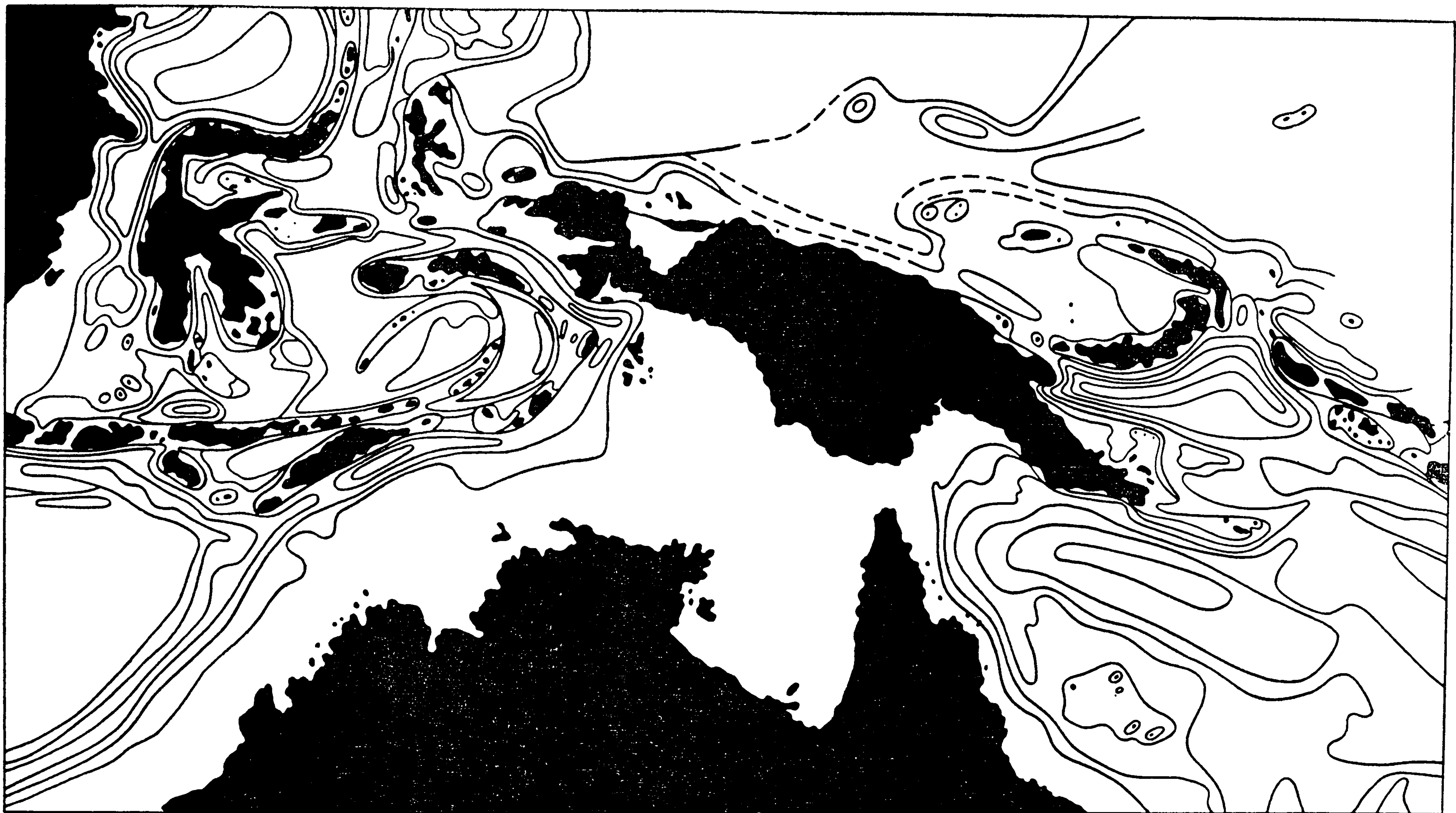


Рис. 25. Батиметрическая карта акваторий, окружающих о-в Новая Гвинея.

о. Ветар — о. Дамар) располагаются действующие вулканы, причем только на участке между островами Пантар и Дамар действовавшие раньше вулканы теперь потухли. Но это как раз та часть, которая расположена вблизи внешней цепи островов, у северного края острова Тимор, прижатой австралийским шельфом. Благодаря такой деформации в этом месте прекратился процесс изгибания, продолжающийся, по-видимому, во всех остальных частях внутренней цепи островов. Этот пример прекрасно иллюстрирует эффект столкновения с Австралийской глыбой и одновременно весьма поучителен в вопросе о природе вулканизма вследствие давления, возникающего при изгибе складчатых цепей.

Очень интересное дополнение к этому коллизионному процессу мы видим на восточной стороне Новой Гвинеи: двигаясь с юго-востока, она задела острова архипелага Бисмарка, захватив остров Новая Померания * за его прежнюю южную оконечность и, потащив за собой, повернула этот длинный остров более чем на 90°. При этом он изогнулся в виде полукруга. Позади же остался глубокий жёлоб, который свидетельствует о мощи этого процесса, так как сима еще не успела его заполнить.

Кое-кому покажется слишком смелым делать такие выводы только на основе карты морских глубин. Однако она почти повсюду оказывается надежным указателем движения глыб, происходившего в последние периоды времени. В пределах Зондского архипелага многочисленные отдельные признаки также указывают на правильность наших предположений. Так, например, Ваннер [96] объясняет тектонически непредсказуемое глубокое море между островом Буру и островом Целебес тем, что первый из них сдвинулся по горизонтали на 10 км, что хорошо согласуется с нашими представлениями. Х. А. Ф. Моленграф [97] дает карту Зондских островов, на которую нанесена область распространения коралловых рифов, поднятых более чем на 5 м. Эта область неожиданно совпадает с областью, в которой, по теории дрейфа материков, сиаль уплотнялась (сжималась) вследствие смещения масс. Такова вся область до острова Целебес включительно, лежащая перед Австралийской глыбой, а также северное и северо-западное побережья Новой Гвинеи, не говоря уже о юго-западном побережьи Суматры и Явы. По Гагелю [98], на Новой Гвинее у мыса Короля Вильгельма, а, по Сапперу [99], также и на острове Новая Померания имеются совсем молодые террасы, которые подняты на 1000, 1250 м и даже, может быть, на 1700 м. Это весьма примечательное явление указывает во всяком случае на то, что в этом месте прежде действовали очень мощные силы, и, таким образом, подтверждает наши представления о столкновениях сиалических глыб, происходивших в этих областях.

Поскольку как раз относительно Зондских островов выводы на основании теории перемещения кажутся на первый взгляд столь фантастичными, следует обратить внимание на то, что голландские геологи, работавшие на этом архипелаге, были среди первых, кто встал на позицию теории дрейфа материков. Среди них первым был Моленграф, который выступил в ее поддержку еще в 1916 г. [91]. Позднее теория была под-

* Так назывался этот остров, когда он был германской колонией. Современное название его — Новая Британия. — *Примеч. пер.*

держана также Ван Вууреном [92], Винг Истоном [93], Эшером [95] и в последнее время в особенности Смитом Сибингой [94], который дал полное описание геологического развития Зондского архипелага с точки зрения теории перемещения материков. В ней он находит даже решение давно обсуждаемого вопроса о происхождении своеобразной формы островов Целебес и Хальмахера и приходит к заключению: «Малые Зондские острова, о. Сулавеси и Молуккские острова представляли собой краевые цепи, первоначально отделенные от Зондского материка. Они сперва образовали нормальную двойную окраинную цепь, а затем вследствие столкновения с Австралийским континентом приобрели свою современную форму». Мы приводим в переводе заключительный раздел его исследования.

«В последнем разделе мы хотим по пунктам указать на некоторые геологические факты и особенности Молуккского архипелага, которые объясняются или, вернее, могут быть объяснены лучше, чем каким-либо иным способом, разработанной выше рабочей гипотезой, которая базируется на общих идеях Тэйлора и Вегенера.

1. Она не требует погружения бывших материковых масс в океанические глубины, чтобы объяснить современный рельеф, процесс горообразования и исчезновения прежних материковых связей; иными словами, она находится в согласии с теорией изостазии.

2. Она объясняет современную конфигурацию однозначным и механически логичным образом как результат столкновения первоначально двойной Молуккской цепи с Австралийским континентом.

3. Она дает объяснение своеобразной S-образной формы северного ответвления острова Целебес (полуостров Минахаса), которая весьма необычна и необъяснима для геоантиклинали. Эта форма также вызвана давлением, которое оказывал Австралийский континент и которое передвинуло цепь остров Тимор—остров Серам вплоть до Целебеса, причем эта цепь между островом Буру и островами Сула была разломана и вдавлена.

4. Она дает непринужденное объяснение странной форме цепи островов, кругообразно окружающих впадину моря Банда, рассматривая их как „вдавленную цепь". Выше мы уже подробно рассматривали несостоятельность тех выводов, к которым приводит в этом случае контракционная гипотеза.

5. Она объясняет дивергенцию поперечных разломов в цепи остров Тимор—остров Серам, начиная от впадины моря Банда, как следствие того, что эта цепь была прихвачена при надвигании Австралийского континента. Явление такой дивергенции необъяснимо с точки зрения контракционной теории.

6. Она позволяет объяснить аномальные простирания третичных пород во внешней цепи, принимая, что они возникли, когда цепь еще имела свою первоначальную форму, т. е. до ее вдавливания.

7. Она предполагает, что горообразующая сила исходит от Австралийского континента [9] и тем самым объясняет, почему именно внешняя цепь, которая непосредственно не соприкасалась с этим континентом, была

---

[9] В оригинале написано, вероятно, вследствие опечатки: Азиатского.

смята и дислоцирована более интенсивно, чем внутреняя цепь островов, о. Сулавеси и группа островов Хальмахера. Внутреняя цепь ведь никогда не входила в соприкосновение с Австралией; на остров Целебес эти горообразующие силы были перенесены только через внешнюю цепь в качестве передаточного звена и поэтому должны были частично утратить интенсивность. Помимо этого, следует отметить, что группа островов Хальмахера и других достигла почти такого же тесного контакта, какой существовал между Австралией и внешней цепью. Если же, напротив, предположить касательное давление, которое исходило из впадины моря Банда, то наиболее интенсивного горообразования следовало бы ожидать во внутренней цепи и в восточной части острова Целебес.

8. При объяснении горообразования она избегает предположения о существовании форланда с геологически и зоологически гетерогенными элементами.

9. В разрыве внешней цепи между островами Тукангбеси и Бангай и обусловленном этим снятии напряжений можно найти объяснение перерыву в горообразовании, имевшему место в нижнем плиоцене. Горообразование затем снова, хотя и менее интенсивно, началось в то время, когда в верхнем плиоцене установился контакт с островом Целебес.

10. Она дает приемлемое объяснение заметному геологическому различию между западной частью острова Целебес и его восточной частью, расположенной к востоку от депрессии, протягивающейся из залива Бони к реке Посо. Затухание активного вулканизма в центральной части острова Целебес и его возобновление в северном ответвлении острова (т. е. на полуострове Минахаса) можно объяснить таким же образом, как прекращение активного вулканизма между островом Пантар и островом Дамар (по Броуверу), а именно вдавливанием внешней цепи (Восточный Целебес) во внутреннюю цепь (Западный Целебес).

11. Стратиграфическая картина восточной части Восточно-Индийского архипелага становится более определенной и наглядной. Начиная с самого раннего палеозоя, прерывистая трансгрессия проникает все дальше на Зондский материк и протекает в тесной связи с одновременным образованием и отделением краевых цепей вплоть до неогенового времени. Из отложений геосинклинальной зоны, которая располагалась перед краем мезозойского Зондского материка, развивалась внешняя цепь. Еще далее из отложений другой зоны, располагавшейся перед краем третичного Зондского материка, в раннем миоцене возникла внутренняя цепь, причем краевые цепи, выжимаемые главным образом из неогеновой геосинклинали, еще оставались соединенными с Зондским материком.

12. Она дает более удовлетворительное объяснение распространению фауны на Молуккских островах. Эта теория предполагает более ранние материковые связи (мост) между Филиппинскими, Молуккскими островами и Явой, а также связь между группой островов Хальмахера и Северным Целебесом, которую предполагают также и зоогеографы».

Как видим, теория перемещения континентов, будучи примененной к изучению весьма сложного района Земли, стала привычным инструментом в руках специалистов-геологов.

Два подводных хребта соединяют Новую Гвинею и северо-восточную Австралию с обоими островами Новой Зеландии. По-видимому, они ука-

зывают путь перемещения. Возможно, они представляют собой выровнявшиеся вследствие волочения и растягивания и поэтому опустившиеся участки суши и отчасти, наверное, массы, принадлежавшие подошве глыбы, расплавленные и оставшиеся позади в процессе ее перемещения.

О связи Австралии с Антарктидой мало что можно сказать, так как геология этого полярного континента неизвестна. Широкая полоса третичных отложений, развитая на всем южном побережье Австралии, проходит через Бассов пролив и затем снова встречается только в Новой Зеландии, в то время как на восточном берегу Австралии третичные отложения отсутствуют. Следовательно, может быть, еще в третичное время Австралию от Антарктиды отделил затопленный грабен, который, возможно, был уже глубоководным, за исключением района острова Тасмании. Общепринято предположение, что структуры Тасмании продолжаются в сторону антарктической Земли Виктории. С другой стороны, Вилкенс [89] пишет: «Юго-западная дуга новозеландских складчатых гор (так называемая синклинальная структура Отаго) у восточного побережья острова Южного кажется внезапно обрезанной. Такое окончание не может быть естественным; несомненно, оно обусловлено тектоническим обрывом. Продолжение этих гор можно искать лишь в одном направлении, а именно в направлении к Кордильерам Земли Грейама («Антаркт-Андам»)».

Упомянем еще, что и восточное окончание Капских гор в Южной Африке также представляет собой обрыв. По нашей, правда, неуверенной реконструкции положения Антарктики, продолжение этих гор нам следовало бы искать между Гаусбергом и Землей Котса, где побережье, однако, еще совершенно не изучено.

Упоминавшаяся уже раньше связь Западной Антарктики с Огненной Землей представляет в геологическом отношении наглядную иллюстрацию к теории перемещения материков (рис. 26). Судя по палеонтологическим данным, еще в плиоцене, вероятно, имел место ограниченный обмен формами между Огненной Землей и Землей Грейама. Это было возможно только в том случае, если обе материковые оконечности еще располагались вблизи островной дуги Южных Сандвичевых островов. С тех пор они продвинулись дальше на запад, но их узкое соединение застряло в симе. На батиметрической карте [10] отчетливо видно, как ступенчатые цепи одна за другой отделились от продвигавшихся глыб и остались позади них. Расположенная как раз посередине места отрыва группа Южных Сандвичевых островов была наиболее сильно изогнута этими процессами движения; при этом симатические включения были выдавлены. Острова сложены базальтами, и на одном из них (острове Завадовского) вулканизм проявляется еще и ныне. По Ф. Кюну [100], на всей цепи «Южно-Антильской дуги» отсутствуют следы молодой третичной андийской складчатости, в то время как проявления более древней складчатости известны на островах Южная Георгия, Южно-Оркнейских и др. Эту особенность можно объяснить теорией перемещения (дрейфа континентов), если счи-

[10] Хорошая карта глубин пролива Дрейка составлена Х. Хейдом и воспроизведена Ф. Кюном [100]. Небольшие отклонения в контурах изобат по сравнению с нашим рисунком, по-видимому, не имеют значения.

тать, что складчатость в Южной Америке и на Земле Грейама действительно происходила от перемещения глыб на запад. К этому времени она должна была прекратиться на Южно-Антильской дуге, когда задержался процесс ее перемещения.

В этой связи для обоснования теории перемещения можно было бы привлечь также и следы оледенений пермско-каменноугольного времени. Гляциальные комплексы этого возраста встречаются на всех южных кон-

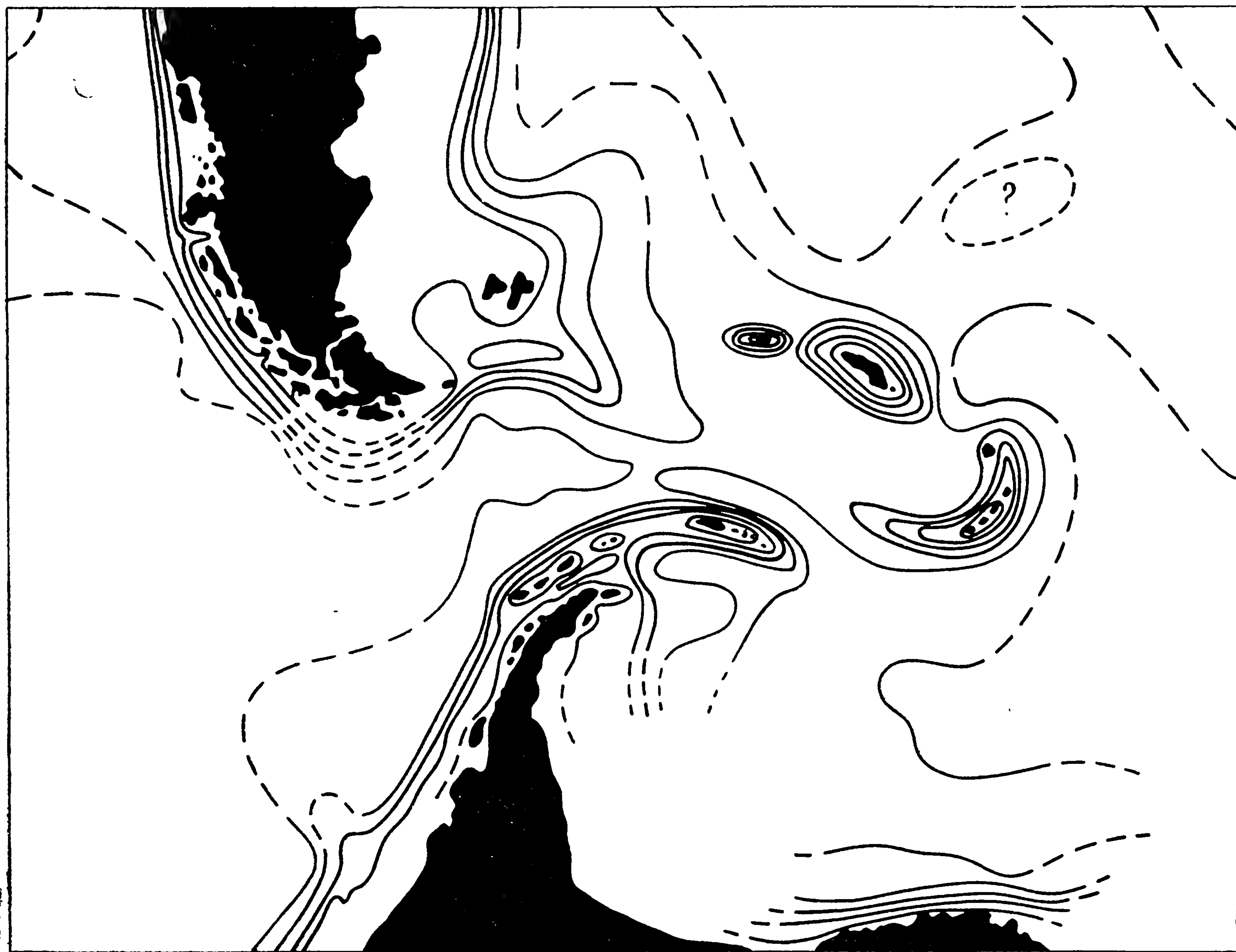


Рис. 26. Батиметрическая карта прол. Дрейка (по Гриллю).

тинентах, так как они образуют, подобно отложениям древнего красного песчаника на материках северного полушария, фрагменты комплексов отложений единой материковой области. При современных больших расстояниях между ними их распространенность гораздо легче объяснить теорией перемещения, нежели гипотезой о затонувших промежуточных материках. Однако эти факты будут более подробно обсуждаться только через одну главу, так как представляют интерес прежде всего с климатической точки зрения.

Рассматривая результаты, изложенные в настоящей главе, невозможно избежать впечатления, что теорию дрейфа следует считать хорошо обоснованной в геологическом отношении. Правда, как раз среди современных геологов еще имеются некоторые противники этой теории. Возражения высказываются с разных сторон, например со стороны Зоргеля [35], Ди-

нера [108], Яворского [109], В. Пенка [111], А. Пенка [110], Ампферера [68], Вашингтона [113], Нёльке [114] и некоторых других. Но в целом можно сказать, что если эти возражения основаны не просто на недоразумениях (как в случае с возражениями, выдвинутыми Динером), то они относятся главным образом к второстепенным вопросам, ответ на которые не имеет существенного значения для основных положений теории перемещения материков. Я позволю себе и в этом случае обратиться к свидетельству Аргана [20], который указывает:

«С 1915 г. и особенно с 1918 г. я долго проверял степень достоверности теории перемещения, привлекая все карты тектонических структур, которыми располагал, и все проявления движений, которые я могу видеть. Так что если мне сегодня не хватает времени, чтобы обосновать некоторые из моих выводов, то все же нельзя считать их поспешными или необоснованными».

Арган так высказывается по поводу возражений, выдвигавшихся против теории дрейфа материков: «Здоровье теории есть не что иное, как ее способность представить совокупность фактов, известных к данному времени. В этом отношении теория больших континентальных перемещений обладает цветущим здоровьем. В начальных стадиях своего развития она прицеливалась на неизвестное (elle a visé à l'absolu),* но в дальнейшем набиралась сил и получила дополнительные доказательства, не жертвуя ничем из своего логического вооружения. Наоборот, обогащаясь, она еще лучше гармонирует с идеями, которыми руководствуется большинство. Эта работа по очищению и уточнению теории весьма заметна в ряде публикаций Вегенера. Будучи солидно обоснованной в тех частях, где она опирается на геофизику, геологию, биогеографию и палеоклиматологию, теория дрейфа не была опровергнута. Нужно, чтобы человек сам долго искал возражения и даже находил некоторые из них, чтобы он мог понять цену такой относительной неоспоримости, отличающейся большой гибкостью в сочетании с большим богатством возможностей защиты. Кажется, что имеешь в руках решающее возражение: еще один удар — и все должно рухнуть. Но ничто не рушится, ты всего лишь забыл об одном или нескольких моментах. Это и есть стойкость гибкой, универсальной идеи, подобной силе сопротивления Протея** ... Конечно, возражения множатся, но почти все они такого рода, о которых я только что говорил. Из тех, которые были опубликованы или которые можно предположить, только самая малая часть попадает в цель, касаясь при этом лишь некоторых побочных деталей, а не основных, жизненных аспектов теории».

---

* Elle a visé à l'absolu (франц.) — «она стремится к абсолюту», т. е. претендует на неограниченный охват фактов. — *Примеч. пер.*

** Протей — в древнегреческой мифологии морской бог, которому приписывалась способность произвольно менять свой вид. — *Примеч. пер.*

Глава шестая

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ АРГУМЕНТЫ

Палеонтология, зоогеография и фитогеография также должны сказать свое веское слово при разгадывании тайн доисторического развития Земли. Геофизик легко может очутиться на ложном пути, если не будет постоянно иметь в поле зрения достижения этих наук для проверки своих собственных результатов.

С другой стороны, однако, и биологу, если он занимается вопросами дрейфа материков, для формирования собственных взглядов следует использовать те факты, которые дают геология и геофизика, иначе ему грозят бесплодные блуждания. Это небесполезно подчеркнуть, так как, насколько я могу видеть, в настоящее время бóльшая часть биологов придерживается точки зрения, безразличной по отношению к дилемме: принять существование затонувших промежуточных континентов или допустить их перемещение. Такая позиция неправильна. Биолог, не доверяя слепо чужому мнению, сам может осознать, что земная кора должна состоять из более легкого материала, чем внутренняя часть Земли, и что, следовательно, если бы дно океанов представляло собой погрузившиеся материки и имело бы легкий коровый материал такой же мощности, как и на континентах, то гравитационные измерения на океанах должны были бы показать дефицит гравитационного притяжения, соответствующего толще пород мощностью в 4—5 км. Исходя из того факта, что на океанах, наоборот, существует нормальное значение силы тяжести, биологи в состоянии самостоятельно сделать вывод: предположение о погрузившихся промежуточных материках следует распространять лишь на шельфовые области или вообще на мелководье и исключить его для больших глубоководных бассейнов. Только при таком контакте со смежными науками учение о прежнем и современном распространении организмов на Земле сможет в полном объеме положить на весы свой богатый фактический материал для установления истины.

Я начал с этих принципиальных рассуждений потому, что они, как мне кажется, в биологической литературе о теории дрейфа до сих пор недостаточно учитываются, даже в тех случаях, когда авторы исследований приходят к положительной оценке теории дрейфа материков.

Фон Убиш [117], [127], Экхардт [119], Колоси [118], де Бофорт [123] и другие написали обобщающие работы об отношении биологии к теории дрейфа, причем в общем они соглашаются с ней, не уделяя, впрочем, достаточного внимания вышеприведенным аспектам. Не удивительно поэтому, что встречаются и случаи, как у Окланда [116] или фон Игеринга [122], когда первый при проверке теории дрейфа для Северной Атлантики, а второй для Южной Атлантики приходят к заключению, что эта теория во всяком случае не лучше, чем теория о затонувших промежуточных материках, последняя даже предпочтительнее. Такая постановка вопроса неправильна. Что касается области глубоководных бассейнов, то дело не в том, отдавать ли предпочтение теории дрейфа или теории о затонувших, промежуточных материках, ибо по-

следняя здесь вообще неуместна. Речь идет о выборе между теорией дрейфа материаков и теорией постоянства (перманентности) глубоководных бассейнов.

По упомянутым причинам мы вправе отнести в пользу теории дрейфа все те факты из сферы биологии, которые указывают на прежние беспрепятственные материковые связи, существовавшие «над» современными глубоководными бассейнами. Число им — легион. Для неспециалиста было бы безнадежным предприятием, а в рамках этой книги из-за ограниченности места даже невозможным привести здесь все факты, имеющие к этому отношение. Но это и не нужно, потому что по данному вопросу существует богатая специальная литература, обзор которой дал, например, Арльдт [11], а также еще и потому, что результаты такого обобщения уже известны и почти общепризнанны.

Совершенно ясен вопрос о былой материковой связи Южной Америки с Африкой. Как подчеркивает Штромер, распространение глоссоптериевой флоры, а также рептилий семейства *Mesosauridae* и других организмов позволяет сделать предположение о существовании обширной суши, некогда соединявшей южные материки [115]. Также и Яворский [109] при проверке всех возражений, которые, естественно, имеются и в этом случае, приходит к выводу: «Все, что известно из геологических данных относительно Западной Африки и Южной Америки, находится в полном согласии с предположением, к которому мы пришли по зоо- и фитогеографическим данным (касающимся настоящего времени и древних эпох), а именно, что в геологическом прошлом существовала материковая связь между Африкой и Южной Америкой на месте нынешней южной части Атлантического океана». Исходя из фитогеографических данных, Энглер [126] пришел к следующему выводу: «Принимая во внимание все эти обстоятельства, объяснение вышеупомянутому присутствию в Америке и Африке общих типов растений лучше всего было бы найти, если бы удалось доказать, что между Северной Бразилией (юго-восточнее устья Амазонки) и заливом Биафра на западе Африки существовали достаточно крупные острова или континентальное соединяющее образование, а также существовала связь между Наталем и Мадагаскаром, о продолжении которой в северо-восточном направлении к отделенному от Сино-Австралийского континента Индостану пишут уже давно. Многочисленные родственные отношения Капской флоры с флорой Австралии заставляют предположить существование былой связи Африки с Австралией через Антарктический материк». Дольше всего континентальная связь существовала между Северной Бразилией и Гвинейским побережьем: «Общим видом для Западной Африки и тропической Южной и Средней Америки являются также сирены (*Manatus*), которые живут в реках и мелких теплых морях и не могут преодолеть пространство Атлантического глубоководья. Из этого делается вывод, что в недавнем прошлом существовала мелководная связь, вероятно, вдоль северных побережий Южной Атлантики, между Западной Африкой и Южной Америкой» (Штромер).

Фон Игеринг в своей книге «История Атлантического океана» привел массу доказательств этой прошлой материковой связи [122]. На подробностях мы не останавливаемся, так как вся эта книга представляет собой цепь доказательств в пользу такой связи, построенных на несо-

стоятельном предположении о том, что эта связь — при неизменном положении современных континентальных глыб — была образована промежуточным континентом «Архелленисом».[1] Разрыв связи, как показывает наш рис. 1, по-видимому, произошел незадолго до середины мелового периода.[2]

Прежняя материковая связь между Европой и Северной Америкой, как показывает тот же рисунок, дает менее простую картину. По-видимому, связь здесь несколько раз прерывалась или по крайней мере нарушалась трансгрессиями. Весьма поучительна таблица, приводимая Арльдтом [11], который указывает в процентах количество одинаковых рептилий и млекопитающих по обеим сторонам океана.

	Рептилии, %	Млекопитающие, %
Каменноугольный период	64	—
Пермь	12	—
Триас	32	—
Юра	48	—
Нижний мел	17	—
Верхний мел	24	—
Эоцен	32	35
Олигоцен	29	31
Миоцен	27	24
Плиоцен	?	19
Четвертичный период	?	30

[1] Насколько я могу судить, в книге фон Игеринга, несмотря на темпераментное отрицание им теории перемещения, нельзя найти ни одного положительного довода против нее. Я несколько раз перечитывал, в частности, гл. 20 («Два мировоззрения: фон Игеринга и Тэйлора—Вегенера») с наилучшим намерением разобраться в его возражениях. Но я находил лишь постоянную путаницу в определении континента и континентальной глыбы, мелководья и глубоководья. Поэтому мне кажется, что отрицание фон Игерингом теории дрейфа основано не на наблюдаемых фактах (которые, напротив, как подчеркнул Кёппен [127], отлично с ней согласуются), а на недостаточном знании сущности этой теории (см. мои возражения по поводу критических замечаний фон Игеринга в [128]).

[2] Указания на эти события и на время, когда отдельные связи между континентами перестали существовать, естественно, не вполне однозначны у разных исследователей. Так, еще при втором издании этой книги, опираясь на доступную мне тогда литературу, я считал необходимым сделать вывод, что связь между Южной Америкой и Африкой сохранялась до начала третичного периода. Позднее я смог убедиться, что она, по мнению большинства исследователей, прекратилась уже в меловом периоде. Отдельные противники теории дрейфа, не заметившие, что эта незначительная поправка была учтена уже в третьем издании данной книги, до сих пор цепляются за указанную неточность, странным образом полагая возможным тем самым опровергнуть теорию дрейфа. В действительности вопрос определения времени не имеет ничего общего с правильностью или неправильностью теории дрейфа; этот вопрос полностью предоставлен специальным наукам и служит теории перемещения лишь для уточнения ее положений. Даже если в будущем, что вполне возможно, в определения времени разрыва континентальных связей будут внесены небольшие поправки (существенных поправок уже нечего опасаться), это не сможет послужить поводом для ревизии теории дрейфа материков.

Этот ряд цифр очень хорошо согласуется с результатами обработки анкет, приведенными на рис. 1. Из рисунка видно, что большинство специалистов признают связь материков в карбоне, триасе, затем только в раннеюрскую, а не в позднеюрскую эпоху и вновь с позднемеловой эпохи до начала третичного времени.

Особенно отчетливо выделяется это совпадение применительно к каменноугольному периоду, вероятно, потому, что фауна этого периода превосходно изучена. Об европейской и североамериканской флоре и фауне карбона имеется большое число доскональных исследований Даусона, Бертрана, Уолкотта, Ами, Сальтера, фон Клебельсберга и др. Последний указал [129] на поразительное для этого короткого промежутка времени сходство фаун из морских прослоев в угленосных толщах от Донецкого бассейна через Верхнюю Силезию, Рурскую область, Бельгию, Англию до западной части Северной Америки.

К тому же это сходство вовсе не ограничивается формами, распространенными по всему земному шару. Мы не можем здесь останавливаться на других подробностях. Отсутствие сходства у рептилий в плиоцене и четвертичном периоде, естественно, явилось следствием похолодания, которое уничтожило древнюю фауну рептилий. Млекопитающие со времени своего появления в истории Земли демонстрируют ту же картину, что и рептилии. В эоцене сходство было особенно велико. Сокращение числа общих форм в плио-

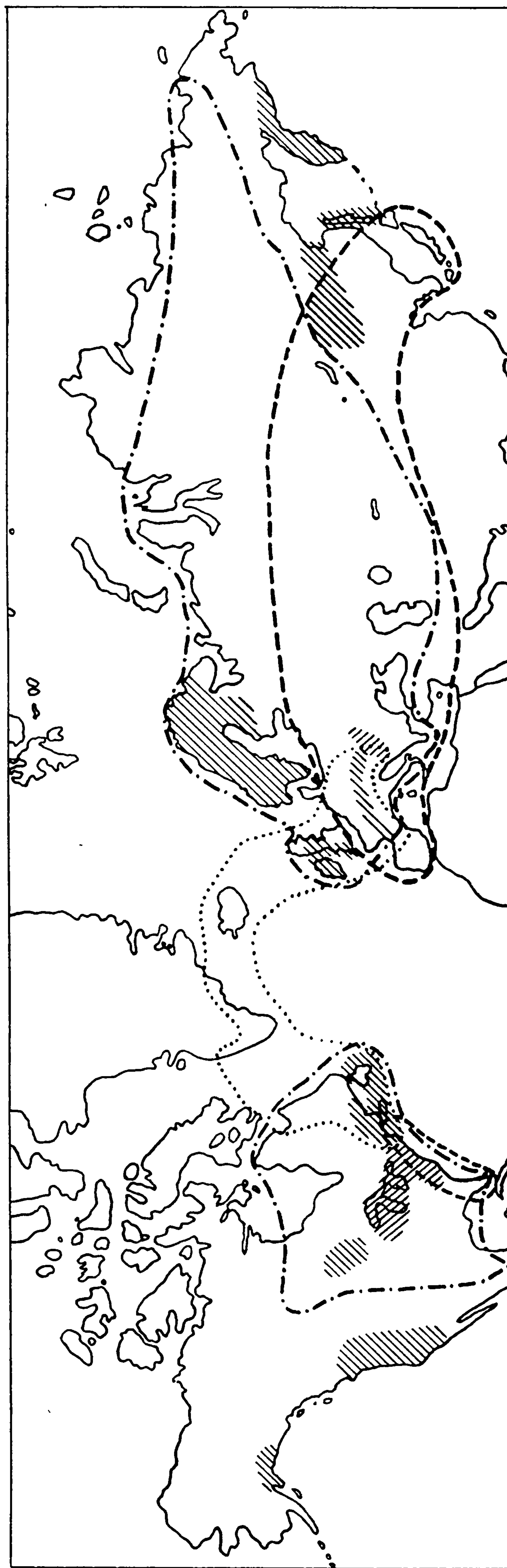


Рис. 27. Распространение североатлантических организмов (по Арльдту).

Пунктир — полевой слизень; *штриховая линия* — *Lumbricidae* (дождевые черви); *штрих-пунктир* — окуни. *Заштриховано с северо-востока на юго-запад* — жемчужница; *заштриховано с северо-запада на юго-восток* — собачья рыба (*Umbra*).

цене можно отнести, вероятно, за счет уже возникшего в то время в Америке материкового оледенения.

Мы приводим схематическую карту (рис. 27), которую Арльдт построил, чтобы показать характер распространения тех организмов, которые казались ему особенно важными для решения вопроса о североатлантическом мосте между материками. Молодое семейство дождевых червей (*Lumbricidae*) распространено, как показано на рисунке, от Японии до Испании, а по другую сторону океана — только на востоке Соединенных Штатов. Перловица * встречается по краям бывшего соприкоснове-

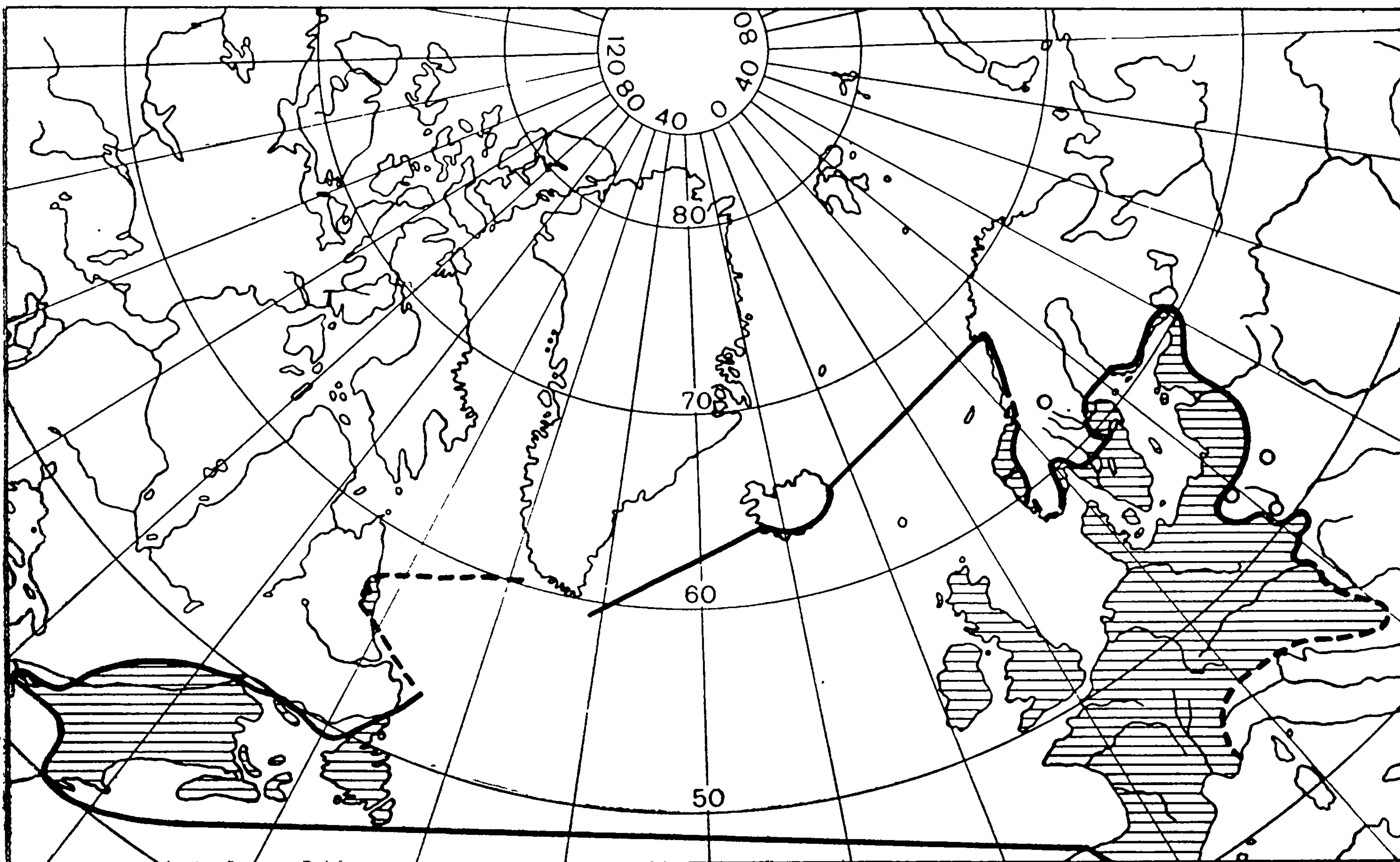


Рис. 28. Уточненное распространение полевого слизня (по Окланду).

ния материков в Ирландии и Ньюфаундленде и в районах, примыкающих к этим островам с обеих сторон. Семейство окуневых (*Percidae*) и другие пресноводные рыбы встречаются в Европе и Азии, а в Северной Америке — лишь в восточной части. Вероятно, следовало бы еще назвать вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris*), который встречается помимо Европы лишь на острове Ньюфаундленд и в граничащих с ним областях. С другой стороны, распространение значительного числа американских растений ограничено в Европе западной частью Ирландии. Хотя не исключено, что последнее можно объяснить влиянием Гольфстрима; относительно вереска такое объяснение принять нельзя. Особенно примечательно распространение полевого слизня от Южной Германии через Британские острова, Исландию и Гренландию вплоть до американской стороны, где он, однако, встречается только на Лабрадоре, Ньюфаундленде

* Перловица — род двустворчатых пресноводных моллюсков, обитающих в реках, прудах и озерах. — *Примеч. пер.*

и на востоке Соединенных Штатов. Окланд [116] для этого случая составил недавно карту, которую мы приводим на рис. 28. Я хотел бы обратить особое внимание на следующее соображение: даже если мы не будем учитывать геофизическую несостоятельность гипотезы о затонувших промежуточных континентах, это объяснение все же хуже теории дрейфа, ибо для соединения обоих небольших ареалов нужно построить очень длинный гипотетический мост. По мере накопления подобных фактов становится все менее вероятным, что восточные и западные границы распространения располагались именно на современных континентах, а не на обширном промежуточном континенте, т. е. в современном океане.

Фон Убиш [117] был прав, говоря: «Гипотетические мосты более ранней теории, как правило, распространяются на очень значительные регионы... Некоторые мосты протягивались даже через различные климатические зоны. Поэтому безусловно не все животные тех континентов, которые были соединены мостами, могли их использовать. Ведь на современных соединенных континентах мы не встречаем совершенно одинаковую фауну, даже если эти континенты расположены в одинаковых климатических зонах. Лучше всего это можно продемонстрировать на примере Евразии, от единообразного животного мира которой Восточная Азия чаще отличается как особая провинция.

Иначе обстоят дела по теории Вегенера. Согласно ей, единообразная фаунистическая область в результате происходившего раздвига между континентами разрывается, если он случайно не совпадает с какой-либо существующей фаунистической границей.

Особенно отчетливо последствия разрыва единой фаунистической области должны были бы проявиться в Северной Америке и Европе, ибо разрыв произошел относительно поздно, а палеонтологические данные соответственно многочисленны. Кроме того, именно эти области особенно хорошо исследованы. К тому же существующие формы вследствие краткого времени изоляции развились, вероятно, еще не очень дивергентно. Действительно, мы и находим такое соответствие, лучше которого нечего и желать. Так, в эоцене мы встречаем почти все подотряды млекопитающих Северной Америки также и в Европе. Подобные особенности распространения характерны и для других классов животных. Конечно, близкое родство обеих фаун можно объяснить также и североатлантическим мостом... Но, судя по сказанному выше, объяснение Вегенера заслуживает в данном случае предпочтения...

Итак, резюмируя наши результаты, можно, пожалуй, сказать, что зоогеографические факты, не считая деталей, довольно хорошо подходят ко взглядам Вегенера. Во многих случаях теория дрейфа способна нам дать более простые объяснения обстоятельств, чем любая прежняя теория.[3]

---

[3] На этом же материале Окланд приходит к заключению, что следует предпочесть теорию о затонувшем промежуточном континенте, на геофизическую несостоятельность которой он не обращает внимания, аргументируя свои соображения тем, что, согласно теории дрейфа материков, следует ожидать еще большего количества совпадений, чем имеется в наличии. Он явно предъявляет в этом случае слишком высокие требования; ибо, во-первых, и по теории дрейфа вовсе не следует ожидать полной идентичности бывших фаун и флор и, во-вторых, число

В работе об асцидиях Хуус [130] считает особым преимуществом теории дрейфа то, что она кроме материковой связи предлагает также сближение мест находок: «Благодаря теории дрейфа Вегенера особенно упрощается объяснение трансатлантических связей. Согласно этой теории, можно предполагать существование не только названного пляжного региона, но также и намного меньшего расстояния между двумя континентами в третичный период, чем теперь. На этом основании можно объяснить распространение одинаковых форм по обе стороны океана, становятся более понятными трансатлантические связи в средней и южной частях Атлантического океана. С помощью этой теории, возможно, найдут естественное объяснение тесные связи асцидиевой фауны Вест-Индии с фауной Индийского океана».

На интересную деталь в области Северной Атлантики обратили внимание фон Убиш [134], Гоффман [133] и в последнее время Остервальд [120]. Они указали, что общие места нереста американского и европейского речного угря, как было установлено И. Шмидтом, находятся в Саргассовом море и что в соответствии с большим удалением мест нереста европейский угорь проходит значительно более длительный период развития, чем американский. Как правильно отмечает Остервальд, эти особенности легко объясняются постепенным отодвиганием глубоководного океанического бассейна вместе с Америкой от Европы (насколько помнится, мне было сообщено об этом устно уже в 1922 г. И. Шмидтом).[4]

Насчет точного времени прерывания связи Северной Америки с Европой на участке Ньюфаундленд—Ирландия еще имеются, как это показано на нашем рис. 1, значительные разногласия. Во всяком случае, это, веро-

---

идентичных соотношений как абсолютно, так и в процентном отношении сильно снижается вследствие неполноты находок фоссилий.

[4] Фон Убиш и Гоффманн, наоборот, считают, что эти факты говорят против теории перемещения и в пользу затонувшего промежуточного континента. Однако это результат следующего недоразумения: «Можно было бы предположить, что перемещение мест нереста происходило пассивно таким образом, что часть морского дна, на котором нерестились угри в период мела—эоцена, подобно тазу, была увлечена Американским континентом на запад... Однако это представление по теории Вегенера недопустимо, ибо Вегенер предполагает, что при дрейфе континентов постоянно обнажается свежая поверхность симы». Дно Саргассова моря, вероятно, состоит не из свежеобнаженной симы, а скорее идентично дну глубоководного бассейна между Флоридой и Испанией, показанного на моей карте для эоцена (см. рис. 4). В действительности, вероятно, бассейн был еще меньше, так как при реконструкции недостаточно учитываются сиалические массы Азорских островов, которые следовало бы присоединить к Испании и Северной Африке. Во всяком случае он существовал уже тогда восточнее Флориды. Кристаллический покров этого бассейна, прилепившись к Америке, вероятно, вместе с ней передвинулся на запад. В новой обзорной статье [227], которая учитывает значительно больше зоогеографической литературы, чем указано здесь, фон Убиш признает возможным и приводимое здесь решение. Он излагает это, полагая, что Европа переместилась на восток, а не Америка — на запад. Ввиду относительности движения, конечно, получается одно и то же, ибо если Америка по отношению к Европе движется на запад, то Европа перемещается относительно Америки на восток. Я пользуюсь возможностью подчеркнуть здесь еще раз, что отделение Южной Америки от Африки наступило уже в среднемеловое время. Дело в том, что на с. 162, 163 и 172 упомянутой обзорной статьи фаунистические различия, относящиеся к более позднему времени (эоцен, миоцен!), все еще используются в качестве возражений против теории дрейфа!

ятно, произошло в позднетретичное время. Неопределенность результатов может быть частично связана с тем фактом, что, как это весьма убедительно показал Шарф [131], дальше к северу мост через Исландию и Гренландию продолжал существовать вплоть до четвертичного периода.

Поучительны в этом отношении исследования гренландской флоры, выполненные Вармингом и Натхорстом. Они показывают, что на юго-восточном побережье Гренландии, следовательно, как раз на том участке, который по теории перемещения в четвертичный период еще располагался пред Скандинавией и Северной Шотландией, преобладают европейские элементы, в то время как на всем остальном гренландском побережье, включая северо-восточную Гренландию, господствует американское влияние.

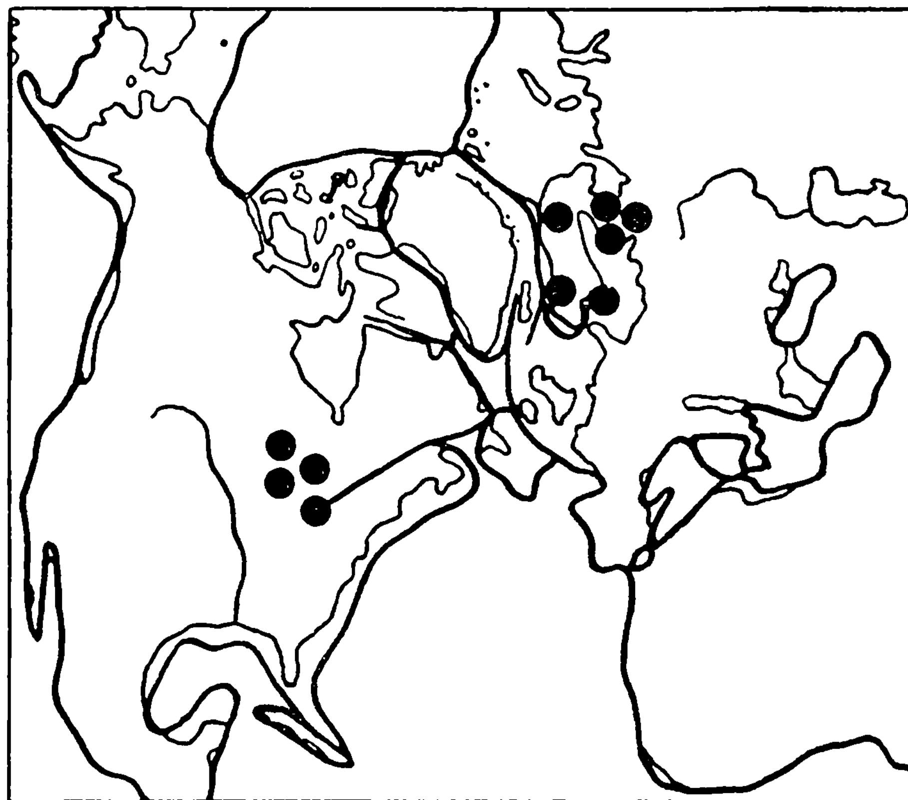


Рис. 29. Распространение *Limnocalanus macrurus* (по Яшнову).

Любопытно, что, по Земперу [125], степень родства третичной флоры Земли Гриннелла с флорой Шпицбергена больше (до 63%), чем с флорой Гренландии (30%), в то время как ныне, естественно, ситуация противоположная (64 и 96% соответственно). Наша реконструкция эоцена дает решение этой загадки. Оно состоит в том, что в реконструкции расстояние от Земли Гриннелла до Шпицбергена меньше, чем между ней и гренландскими местонахождениями флоры.

В. А. Яшнов в работе о ракообразных Новой Земли [225] указывает на то, что и сегодняшнее распространение пресноводных раков лучше всего объясняется теорией дрейфа: «С большой вероятностью можно сказать, что в гидробиологии многие вопросы распространения низших водных организмов, во всяком случае в северном полушарии, могут быть решены на основе принципов теории перемещения континентов. В качестве примера упомянем современное рассеянное распространение *Limnocalanus macrurus*, для которого исключается пассивное перемещение (имеется в виду — ветром и птицами) из-за отсутствия стадий покоя. При наличии соединения обоих континентов, согласно теории Вегенера, ареал распространения этих видов становится сравнительно небольшим (рис. 29)».

Из других авторов мы упомянем еще только Хандлирша [136], который в результате тщательных исследований приходит к заключению: «Еще в третичном и, возможно, также в четвертичном периодах должны были обязательно существовать в течение более или менее длительных промежутков времени или возникать повторно материковые связи между северной частью Северной Америки и Европой или северной частью Восточной Азии... Я не вижу убедительной причины для предположения о существовании прямых или антарктических материковых связей между Южной Америкой, Африкой и Австралией в третичное время. Но, само

собой разумеется, это не дает основания утверждать, что такие связи не существовали в более раннее время».

Кубарт [137] в интересной работе исследовал флору островов Средне-Атлантического вала, которые, как известно, рассматриваются геологически как обломки континентов. Посредством статистической обработки эндемичных типов он приходит к численно доказуемому и подтвержденному также анализом фауны результату, что изоляция этих островов развивалась с юга на север: «Во всяком случае эти факты могут быть истолкованы не только в пользу теории дрейфа, но и для предположения о существовании большого континентального моста. В обоих случаях острова рассматриваются как остатки этих происходивших в свое время процессов. По теории материковых мостов, опускание Африкано-Южно-Американского промежуточного континента происходило также в геологически более раннее время, чем опускание северной части Атлантики. Однако поскольку по теории перманентности (постоянства материков и океанов) исключается значительное поднятие большого континента в Атлантике, то флористические процентные соотношения, которые полностью подтверждаются зоологическими данными и, кажется, не противоречат геологии, действительно становятся прямым доказательством прогрессировавшего разделения Африкано-Европейско-Американской материковой глыбы с юга на север». Это как раз та точка зрения, которая соответствует теории дрейфа.[5]

Мы могли бы сослаться еще на многих других авторов, подтверждающих существование прежних материковых связей через Атлантику. Но поскольку сегодня едва ли кто-нибудь в этом сомневается, нет необходимости это делать. Позднее мы еще вернемся к доказательствам, основанным на распространении дождевых червей.

Общеизвестны биологические связи между Деканом (Индия) и Мадагаскаром, которые якобы осуществлялись через затонувшую сушу «Лемурию». По этому вопросу мы отсылаем читателей к рис. 1 и сводке Арльдта. Динер [226], обычно выступающий за перманентность больших океанских бассейнов, высказывается по этому поводу следующим образом: «Судя по зоогеографическим данным, сухопутная связь полуострова Индостан с Южной Африкой через Мадагаскар неопровержима для пермского и триасового периодов, так как в гондванской фауне восточной части Индии европейские наземные позвоночные... смешиваются с такими формами, которые... обитали в Южной Африке. Также и заселение Мадагаскара титанозаврами и формами, родственными мегалозаврам в верхнем мелу, должно было проходить через Индостан, поскольку Мозамбикский пролив уже существовал в лейасе.* Вероятно, лишь в течение более позднего интервала мелового периода узкий, вытянутый остров, концы которого мы должны искать в Декане и на Мадагаскаре, окончательно опустился на глубину в своей средней части. Таким образом, Эфиопское средиземное море Неймайра, до этого являвшееся ответвлением Тетиса,

---

[5] Конечно, Кубарт прав, когда считает, что нельзя совсем исключать раннюю гипотезу о погружении материковых мостов. Наоборот, читатель заметит, что в этой книге она используется во многих местах, но только не в области больших океанических бассейнов.

* Лейас — нижний отдел юрской системы. — *Примеч. пер.*

теперь получило широкое, открытое соединение с Индийским океаном». Вместо предполагаемого Динером погружения на глубину более 4000 м, изостатически невозможного в таком масштабе, мы полагаем, что этот мост подвергся сжатию и образовал высокогорную часть Азии. Зоогеографическое различие основывается на том, что до отделения Индии Декан примыкал непосредственно к Мадагаскару. Именно в этом обнаруживается преимущество теории дрейфа, так как оба района при их современном положении имеют значительную разницу в широтах, но сходный климат и близкие формы флоры и фауны лишь потому, что экватор проходит между ними. Для времен глоссоптериевой флоры это большое расстояние задало бы нам климатическую загадку, которая, однако, устраняется теорией дрейфа. Мы остановимся более подробно на палеоклиматических аргументах в следующей главе.

Заани [138] предпринял попытку доказать на основе распространения холодолюбивой глоссоптериевой флоры в областях, принадлежавших к древнему материку Гондваны, преимущество теории дрейфа над теорией затонувших промежуточных континентов. Однако он был вынужден оставить этот вопрос нерешенным, так как материал, необходимый для исследований, пока еще был недостаточно полным. Тот факт, что материковая связь между Южной Африкой, Мадагаскаром, Индостаном и Австралией действительно существовала, рассматривается в этой работе, как и во всех известных мне публикациях, как давно и достоверно установленный научный результат. По моему мнению, при нынешних гигантских расстояниях между этими частями Земли совершенно очевидно, что решение, предлагаемое теорией дрейфа, объясняет наблюдаемые факты лучше, чем несостоятельная с точки зрения геофизики теория затонувших промежуточных континентов. Это подчеркивается и многими другими исследователями.

В этой связи совершенно особый интерес представляет животный мир Австралии. Еще Уоллес [139] заметил четкое подразделение этой фауны на три различных по древности элемента. Его выводы по существу даже в новейших исследованиях, например Хедли, не претерпели существенных изменений. Древнейший элемент фауны, встречающийся главным образом в юго-западной части Австралии, обнаруживает близкое родство в первую очередь с фаунами Индостана и Цейлона, а затем Мадагаскара и Южной Африки. В родственных связях в этом районе находятся и некоторые теплолюбивые животные, а также дождевые черви, не выносящие мерзлых грунтов. Такое родство ведет свое начало с тех времен, когда Австралия составляла одно целое с Индостаном. Согласно нашему рис. 1, эта связь прекратилась в начале юрского периода.

Второй элемент фауны Австралии хорошо известен, так как к нему относятся своеобразные млекопитающие — сумчатые и однопроходные, которые так резко отличаются от фауны Зондских островов (от которой их отделяет, применительно к фауне млекопитающих, так называемая граница Уоллеса). Этот фаунистический элемент обнаруживает родство с фауной Южной Америки. Сумчатые живут в настоящее время кроме Австралии, Молуккских и некоторых других южных островов также в Южной Америке (один вид опоссума, или сумчатой крысы, распространен даже в Северной Америке). В ископаемом состоянии они известны

в Северной Америке и в Европе, но в Азии ни один из видов не был обнаружен. Даже паразиты австралийских и североамериканских сумчатых одни и те же: Е. Бреслау [140] отмечает, что среди плоских червей три четверти из 175 видов *Geoplanidae* живут в этих двух областях: «Географическое распространение трематод и цестод,* которое, вероятно, соответствует таковому их хозяев, редко было предметом специальных исследований. Есть факты, которые могут оказаться в высшей степени интересными в зоогеографическом смысле. На это указывает род линстовия из цестод, который встречается только у южно-американских опоссумов (*Didelphidae*) и у австралийских сумчатых (*Perameles*) и однопроходных (*Echidna*)». Об этом родстве фауны Австралии и Южной Америки Уоллес [139] пишет следующее: «Очень важно тут отметить, что среди предпочитающих жаркий климат рептилий обеих областей мы почти не находим доказательств родства в отличие от холодостойких амфибий и пресноводных рыб». Ту же особенность обнаруживает и вся остальная фауна. Поэтому Уоллес высказывает следующее предположение о материковой связи между Австралией и Южной Америкой: «Последняя, если вообще существовала, должна была проходить через районы, расположенные ближе к южным холодным границам области распространения этой фауны». Дождевые черви также не воспользовались этим мостом. Ввиду того что тем самым подчеркивается связь через Антарктиду, расположенную на кратчайшем пути, не следует удивляться, что почти всеми был отвергнут предполагаемый вместо него некоторыми авторами путь через «Южно-Тихоокеанский» промежуточный материк. Только на картах в меркаторской проекции пути связи через южную часть Тихого океана кажутся кратчайшими. Следовательно, второй элемент австралийской фауны ведет свое начало с тех времен, когда Австралия была связана через Антарктиду с Южной Америкой, т. е. с промежутка времени между нижней юрой (когда произошел отрыв Индостана) и эоценом (отрыв Австралии от Антарктиды). При современном положении Австралии эти формы уже не изолированы, а медленно проникают на Зондский архипелаг (Индонезию). Поэтому Уоллес вынужден был провести границу распространения млекопитающих разных зоогеографических провинций между островами Бали и Ломбок, а далее через Макасарский пролив.

Третий элемент фауны Австралии — самый молодой. Эта фауна мигрировала с Зондских островов. Она распространена в Новой Гвинее и завоевала уже северо-восточную часть Австралии. Динго (дикая собака), грызуны, летучие мыши и другие животные переселялись в Австралию в послеледниковое время. Молодой род дождевых червей феретима благодаря своей большой жизненной силе вытеснил большинство старых родов с Зондских островов, с юго-восточного побережья Азии — от полуострова Малакка до Китая и Японии, полностью захватил и Новую Гвинею и уже обосновывается на северной оконечности Австралии. Все это доказывает обмен фауной и флорой, который начался только в новейший геологический период.

Такое разделение фауны Австралии на три группы наилучшим образом согласуется с теорией дрейфа материков. Достаточно посмотреть на

---

* Цестоды — ленточные черви. — *Примеч. пер.*

наши три карты реконструкции материков на с. 29—31, чтобы увидеть на них объяснение. Но это обстоятельство весьма отчетливо показывает большое преимущество, которым обладает и с чисто биологических позиций теория дрейфа материков по сравнению с теорией затонувших мостов. В настоящее время расстояние между ближайшими друг к другу точками Южной Америки и Австралии, а именно между Огненной Землей и Тасманией, определяется по большому кругу в 80°, т. е. так же велико, как расстояние между Германией и Японией; Центральная Аргентина так же далека от Центральной Австралии, как и от Аляски, или как Южная Африка от Северного полюса. Неужели можно думать, что простой материковый мост достаточен для того, чтобы гарантировать обмен биологических форм? И как странно в таком случае, что Австралия не имела никакого обмена формами с несравненно ближе расположенными Зондскими островами, по отношению к которым она является настолько чуждой, как будто принадлежит другому миру! Никто не может отрицать, что наши предположения, которые отдаленность Австралии от Южной Америки сводят лишь к разлому и, с другой стороны, к отделению Австралии от Зондских островов широким океаническим бассейном, совершенно иначе объясняют своеобразие австралийского животного мира, чем теория погрузившихся промежуточных материков, неприемлемая к тому же с геофизической точки зрения. Я думаю, что австралийская фауна дает важнейший материал, который биология сможет внести в решение общей проблемы дрейфа материков. Надеюсь, что вскоре найдется специалист, который проведет исчерпывающее изучение материала с этой точки зрения.

В вопросе о бывших материковых связях Новой Зеландии, по-видимому, еще нет полной ясности. Выше уже указывалось (с. 91), что бóльшая часть островов была превращена в сушу в результате юрской складчатости. В то время Новая Зеландия, вероятно, еще представляла собой часть краевого шельфа Австралии, который, находясь здесь, в процессе ее смещения подвергался складкообразованию. С южной стороны Новая Зеландия была связана с Западной Антарктидой и через нее с Патагонией. Фон Игеринг [122] пишет: «В позднемеловое время и в начале третичного периода был открыт путь для миграции морских животных из Чили в Патагонию, и наоборот, а также на Землю Грейама и в другие части Антарктики, вплоть до Новой Зеландии». Наземная флора этого периода в Новой Зеландии не была, по Маршаллу [141], предшественницей нынешней. Она представлена дубами и буками, которые предположительно попали сюда из Патагонии через западную Антарктику, т. е. тем же путем, что и мелководные животные. Следовательно, в то время, вероятно, не могло быть непосредственной материковой связи между Австралией и Новой Зеландией. Однако в течение третичного периода эта связь, очевидно, должна была возникнуть, по крайней мере на ограниченное время, чтобы современная флора могла сюда мигрировать. По исследованиям губок, проведенным Брондштедом [142], также выходит, что острова в древности имели мелководную связь с Австралией.

Работа Мейрика [143] о микролепидоптерах представляет особый интерес в вопросе о материковых связях Новой Зеландии. Помимо интересующего нас соединения между Африкой и Южной Америкой, которое

вполне подтверждает изложенные выше результаты, он обнаружил, что род *Machimia*, представленный как в Южной Америке, так и в Австралии многочисленными видами, совершенно отсутствует в Новой Зеландии. С другой стороны, род *Crambus*, встреченный в Новой Зеландии (40 эндемичных видов), представлен также многочисленными формами в Южной Америке, в то время как в Австралии обнаружены только два вида. Другими словами, в первом случае Южная Америка оказывается связанной с Австралией, тогда как Новая Зеландия остается изолированной, а во втором случае Южная Америка представляется связанной с Новой Зеландией, а Австралия — почти полностью изолированной.

Это, как и приведенные выше факты, по-видимому, указывает, что от Южной Америки отходили два раздельных пути миграции: один — в Новую Зеландию предположительно через Западную Антарктику, а другой — в Австралию предположительно через Восточную Антарктику. При этом Новая Зеландия, несмотря на более близкое в то время расположение к Австралии, если вообще и находилась в непосредственной материковой связи с ней, — то лишь короткое время. Наши крайне скудные сведения об Антарктике мешают, естественно, точному выяснению этих процессов.

Из всего того, что мы знаем, бассейн Тихого океана должен был существовать как таковой уже в весьма древние с геологической точки зрения времена. Правда, некоторые авторы предполагают противоположное. Например, Ог трактует острова как остатки «большого погрузившегося» континента; Арльдт пытается объяснить связи между Южной Америкой и Австралией, предполагая, что в прошлом существовал материковый мост, проходивший по параллели поперек южной части Тихого океана. Между тем при взгляде на глобус сразу видно, что путь из Южной Америки в Австралию проходит через Антарктику. Фон Игеринг также предполагал существование тихоокеанского континента, но основания для этого были совершенно несостоятельны, как это уже раньше показал Зимрот [144] и недавно снова подчеркнул фон Убиш [149]. Буркхардт также предполагал существование Южно-Тихоокеанского континента, простиравшегося от западного побережья Южной Америки далеко на запад, но основанием для этого было одно единственное геологическое наблюдение, которое, пожалуй, можно объяснить иначе. Во всяком случае, эта гипотеза также отклонена Зимротом [144], Андрэ [145], Динéром, Зоргелем и др. Даже Арльдт, один из немногих ее сторонников, должен признать, что предположение об этом материковом мосте менее всех других находит поддержку [146]. Итак, наше предположение о постоянстве Тихого океана по меньшей мере с каменноугольного периода находит поддержку у преобладающего большинства исследователей.

Бóльшая древность Тихого океана по сравнению с Атлантическим биологически хорошо выражена. Так, фон Убиш [117] пишет: «В Тихом океане мы встречаем многочисленные древние формы, такие как наутилус, тригония, ушастый тюлень. Подобного рода формы отсутствуют в Атлантическом океане». Колоси [118] подчеркивает, что фауна Атлантики, так же как и фауна Красного моря, отличается тем, что она обнаруживает всегда родственные отношения только с примыкающими областями, в то время как для фауны Тихого океана характерны родственные отно-

шения с весьма отдаленными областями. Последнее является признаком того, что эти области заселены в древние времена, тогда как первое — что заселены недавно.

В исследовании о прерывистом географическом распространении некоторых тропических и субтропических морских водорослей Сведелиус [155] недавно указывал, что хотя материал и недостаточен для проверки теории дрейфа, «однако следует учесть, что мое исследование показывает, что большинство более древних родов водорослей, по-видимому, имело свое основное распространение в Индийско-Тихоокеанском регионе, откуда они мигрировали в Атлантику. Только в одном или двух случаях произошла, видимо, миграция в обратном направлении. Таким образом, флору водорослей Атлантики, очевидно, следует считать более молодой, чем флора Индийского и Тихого океанов. Это не противоречит теории Вегенера, по которой Атлантический океан значительно моложе Индийского и Тихого океанов».

Тихоокеанские острова (вместе с их подводным основанием) рассматриваются в теории дрейфа как краевые цепи, отделившиеся от континентальных глыб; при общем движении земной коры по мантии, происходившем преимущественно в западном направлении, они отставали и оставались на востоке (ср. гл. 8). Не вдаваясь в подробности, нужно поэтому искать их первоначальное положение на азиатской стороне океана, к которой они, во всяком случае в рассматриваемый геологический период, должны были располагаться значительно ближе, чем в настоящее время.

Эта гипотеза подтверждается биологическими явлениями. Так, по Гризельбаку [147] и Друде [148], Гавайские острова имеют флору, наиболее родственную не с флорой Северной Америки, своим ближайшим соседом, от которого теперь идут воздушные и морские течения, а со Старым Светом. Острова Хуан-Фернандес с ботанической точки зрения не обнаруживают, по Скотсбергу, никакого родства с таким близким к нему побережьем Чили; скорее наблюдается родство с флорой Огненной Земли, Антарктиды, Новой Зеландии и других тихоокеанских островов. Однако следует подчеркнуть, что биологические явления на островах вообще труднее объяснить, чем таковые на более крупных пространствах суши.

В заключение следует остановиться еще на некоторых новых работах, которые особенно важны как первые специальные исследования по теории дрейфа. Начало им положила вышедшая в 1922 г. большая монография Ирмшера «Распространение растений и развитие континентов» [150]. В ней с необычной до сих пор полнотой исследуется и иллюстрируется многочисленными картами современное и прошлое распространение цветковых растений вплоть до мелового периода. Мы не можем здесь обсуждать детали этого необычайно содержательного материала.[6] Работа за-

---

[6] Фон Игеринг [122] выступает против Ирмшера потому, что последний датирует ряд ископаемых растений, найденных в Южной Америке и Антарктике, иначе, чем их первоисследователи. Вопреки мнению фон Игеринга, Ирмшер не подстраивается к заранее сформулированной теории, а основывается на собственных выводах. Во всех этих случаях речь идет, кроме того, о столь незначительных различиях в определении возраста, что скорее следовало бы говорить об уточнении, а не о поправке. К тому же Кёппен и Вегенер [151] показали, что в большинстве случаев даже при сохранении первоначальной датировки имеет место полное

вершается следующими словами: «Результаты дают нам право сделать вывод, что три группы факторов в тесном взаимодействии создали наблюдаемую в настоящее время картину распространения цветковых* растений:

1. Перемещение полюсов как причина миграции растений и смешения флоры.

2. Дрейф больших глыб земной коры и изменение вследствие этого общей картины лика Земли.

3. Активное распространение и дальнейшее развитие растительного мира».

Не случайно миграция полюсов стоит в данном случае на первом месте, а дрейф континентов — только на втором; ведь рассматривается лишь ограниченный период времени, начиная с мела. Чем ближе мы подходим к современности, тем более облик Земли оказывается похож на современный и тем менее обнаруживается по распространению растений дрейф континентов. Поэтому вполне естественно, что значительное смещение полюсов происходившее в третичном и четвертичном периодах, наложило свой отпечаток в первую очередь на распространение растений. Тем более, однако, важно, что, несмотря на это, в исследовании Ирмшера подтверждается и теория дрейфа: «Мы пришли к выводу, что теория перманентности (постоянного расположения материков) не согласуется с фактами распространения цветковых растений и тех условий, которые необходимы для их существования. Напротив, при сопоставлении наших данных с теорией дрейфа Вегенера обнаружилось, что отдельные черты зональной структуры и условия распространения растений удивительным образом совпадают с судьбами больших масс земной коры, указанными Вегенером, и находят в них свое отражение.

Загадка австралийской флоры, которую теория постоянства никогда не была в состоянии объяснить, впервые получает теперь вполне удовлетворительное решение. Только предполагаемые Вегенером смещения в положении континентов на протяжении мезозойской эры дают ключ к тому непонятному с других позиций факту, что экстратропические формы Австралии не обнаруживают близких связей с азиатскими, которых следовало бы ожидать при ее современном географическом положении, тем более что в этом регионе смещение полюсов не оказывало вредного влияния. Прежнее положение Австралии дает также ключ к решению проблемы, каким образом ее древняя флора сохранилась ненарушенной до нашего времени и смогла развиваться дальше. Дрейф Австралии в северном направлении, происходивший после ее отделения от Антарктики, фактически был периодом глубокой изоляции этого континента». Таким образом, мы видим, что растительный мир Австралии дает точно такую же картину, как и ее животный мир!

«В ходе нашего исследования никогда не возникала необходимость постулировать существование прежнего Тихоокеанского континента».

совпадение фактов с теорией дрейфа материков и с теорией перемещения полюсов, выведенной на этой же основе.

* В научной литературе чаще употребляется название покрытосемянные. — *Примеч. пер.*

Как мы видим, Ирмшер идет по правильному пути, сравнивая теорию дрейфа не с теорией погрузившихся промежуточных континентов, несостоятельной с точки зрения геофизики, а с теорией перманентности. Хотя и первой теории он уделил внимание, однако должен был ее отвергнуть с чисто ботанической точки зрения: «Упомянутая ископаемая североамериканская флора Вилькокса, которая была найдена в юго-восточной части Соединенных Штатов (от Техаса до Флориды), после основательной обработки Берри оказалась наиболее родственной флоре Алам-Бэй в Южной Англии, также отнесенной к эоцену. Если мы теперь проведем линию экватора вокруг Земли в соответствии с положением полюсов в эоцене по Вегенеру, то он пройдет в Европе примерно через область Средиземного моря, так что Англия окажется приблизительно в 15° от экватора; в Азии экватор пройдет через Индокитай или около него. Если же мы примем постоянство нынешнего положения континентов, то это будет означать, что в Америке экватор пройдет по линии, соединяющей Колумбию и Эквадор, от которой местонахождения флоры Вилькокса отстоят на 30° и более. Таким образом, возникают трудности в подведении хотя бы приближенно под одну и ту же широту обеих ископаемых флор, поскольку они требуют сходного климата; это происходит потому, что флора Вилькокса оказывается в этом случае расположенной значительно севернее, чем южно-английская. Напротив, если в соответствии с концепцией Вегенера мы придвинем Америку к Европе и Африке, то одним приемом достигнем того, что обе флоры попадут на одну широту и предъявляемые ими приблизительно одинаковые требования к климату будут удовлетворены. Здесь действительно налицо случай, когда только теория дрейфа способна до конца разрешить существующие противоречия, в то время как теория мостов способна, пожалуй, объяснить лишь наличие сходных флор на ныне разделенных континентальных блоках, но не способна воссоздать требуемое сходство климатов. Теорию перманентности в этом вопросе приходится вообще отклонить ввиду ее несостоятельности».

«То, что мы показали здесь для этих двух флор, пригодно также для ареалов многих родов, распространенных в тропической зоне. Их реконструкция также возможна лишь в том случае, если Америку придвинуть к зоне 2 (Европа—Африка), так как при современном положении континентов экватор в зоне 1 (Америка) проходил бы намного южнее. Выше мы уже обращали внимание на это затруднение и на выход из него, который достигается путем перемещения Американского континента. Таким образом, здесь впервые показано, что нужно отдать предпочтение теории дрейфа перед теорией континентальных мостов также и с биогеографической точки зрения».

Эти последние высказывания Ирмшера переводят нас в область проблем палеоклиматологии, которые мы оставим до следующей главы. Как бы продолжением важной работы Ирмшера является диссертация Штудта о современном и прошлом распространении хвойных и истории формирования их ареалов [152], которой предшествовала работа Коха [153] по тому же вопросу. Хотя оба эти автора не сходятся во мнениях по различным ботаническим вопросам, в отношении теории дрейфа они приходят к одинаковому результату. Так, Кох говорит: «Местонахождения современных и ископаемых хвойных полностью соответствуют теории пе-

ремещения полюсов и дрейфа континентов и могут быть удовлетворительно объяснены только ею». И далее: «Теперь, между прочим, мы понимаем, почему близко родственные виды араукарий встречаются в двух различных частях земного шара, разделенных океаном, почему виды *Podocarpus* растут не только в Новой Зеландии, Австралии и Тасмании, но также в Южной Африке, Южной Бразилии и Чили, а также почему *Microcachrys и Fitzroya archeri* встречаются в Тасмании, а соответствующие им формы *Saxogothaea и Fitzroya patagonica* обнаружены в Чили».

Также и Штудт пишет: «Картина распространения современных и ископаемых хвойных объясняется проще и бесспорнее всего теорией дрейфа материков, предложенной Вегенером. Большое сходство между североамериканской и европейской меловыми флорами и единообразие состава юрской флоры, доходящее нередко до видового уровня в районах. в настоящее время настолько отдаленных один от другого, что это исключает возможность распространения семян, требует непрерывной материковой связи и сокращения расстояний между континентами. Обоим этим требованиям может удовлетворять только теория дрейфа материков». Штудт указывает также, что теория дрейфа лучше всего соответствует зональному распространению хвойных по климатическим зонам. которое становится более понятным, чем если бы нынешнее положение континентов считать таким же, каким оно было в отдаленном геологическом прошлом.

В заключение кратко рассмотрим важную работу Михаэльсена о географическом распространении дождевых червей [154]. Мне кажется, эта работа содержит особенно хорошее подтверждение теории дрейфа, так как дождевые черви не переносят ни морской воды, ни мерзлой почвы и без вмешательства человека могут переноситься лишь с большим трудом.

Михаэльсен показывает, что теория перманентности при объяснении распространения дождевых червей встречается с большими затруднениями, в то время как теория дрейфа объясняет это распространение «прямо-таки удивительным образом». Для наглядности он использует две схематические карты, которые мы воспроизводим на рис. 30 и 31. Контуры на карте показывают прежнее расположение континентальных блоков, на которые нанесены данные только о современных родах дождевых червей (ископаемые неизвестны). По поводу трансатлантических связей Михаэльсен пишет: «Выше я изложил подробно и проиллюстрировал таблицами тот факт, что Атлантический океан пересекает большое число линий связи, а именно — линии связи пяти наземных и трех лимнических групп видов. Это скопление регулярных, приблизительно параллельных связей делает вероятным, что прямые, т. е. трансатлантические связи, действительно имели здесь место. Такие трансатлантические связи можно легко объяснить по теории Вегенера. Если по этой теории представить себе отделившийся от Европы и Африки и дрейфующий на запад Американский континент перемещенным обратно и прижатым к Европе и Африке, то две раздельные области, расположенные по обеим сторонам широкого Атлантического океана, слились бы в единую область. Тем самым была бы получена весьма простая схема распространения». В Северной Атлантике эти трансатлантические связи наблюдаются у молодых форм, тогда как в Южной Атлантике только у древних. Это опять-таки

находится в соответствии с тем фактом, что Атлантика открывалась сначала на юге, а затем на севере.

После обсуждения сложных связей, изображенных на наших рисунках между Индостаном, Австралией и Новой Зеландией, Михаэльсен далее продолжает: «Теория Вегенера о дрейфе континентов дает удивительно простое объяснение этим различным трансокеаническим связям фауны олигохет * Индии. Если посмотреть на схематическую карту Ве-

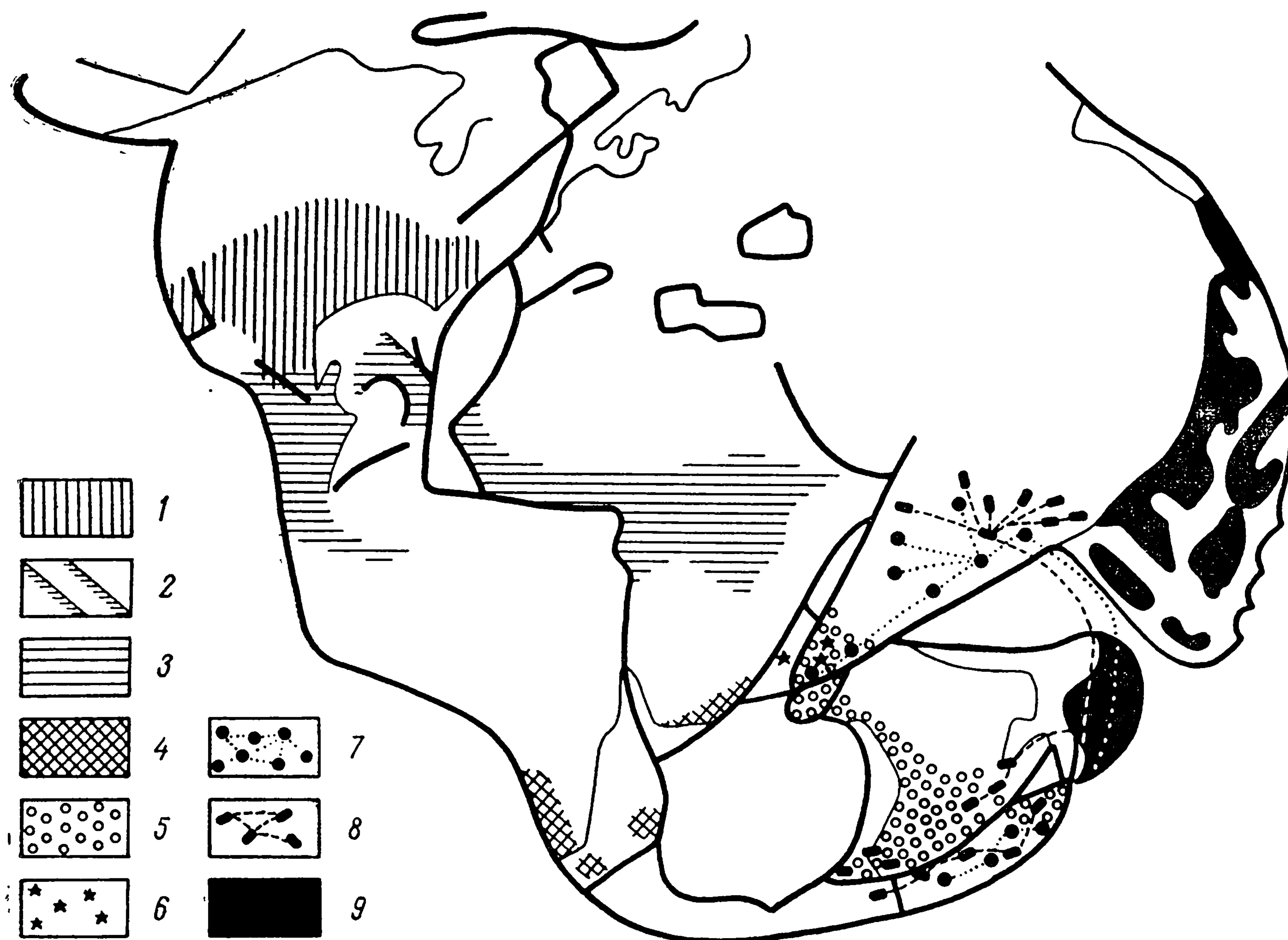


Рис. 30. Современное распространение некоторых родов дождевых червей семейства *Megascolecinae*. Показана реконструкция, соответствующая доюрскому времени, согласно теории дрейфа (по Михаэльсену).

1 — *Diplocardia*; *2* — *Trigaster*; *3* — *Dichogaster*; *4* — *Chilota*; *5* — *Megascolex*; *6* — *Howascolex*; *7* — *Octochaetus*; *8* — *Perionyx*; *9* — область вымирания *Pheretima* (всех наземных форм).

генера, отражающую конфигурацию континентов в карбоне (см. рис. 30, восточная часть), то первое, что мы увидим, — вытянувшийся Индостан (до образования складчатой системы Гималаев) достигал Мадагаскара и своей западной стороной, т. е. теперешним районом распространения *Howascolex* (Кург и Мизор), прилегал непосредственно к Мадагаскару — второй области распространения *Howascolex*. Таково простое объяснение трансокеанической связи западного района Индостана. Далее мы видим, что Австрало-Новозеландско-Новогвинейская глыба, связанная на юге с Антарктической глыбой, вдается своей северной оконечностью (Новая Гвинея) в морское пространство угловатой формы

---

* Олигохеты — малощетинковые черви. — *Примеч. пер.*

(впоследствии Бенгальский залив) между Индией и Индокитаем вместе с Малайской глыбой. Можно предположить, что в еще более древнее время эта Австралийская глыба своей западной стороной примыкала к восточному краю Индостана.[7] В этой связи могли образоваться простые и непрерывные пути распространения от Южного Индостана через Цейлон к южной части Западной Австралии и т. д. (*Megascolex*) и от север-

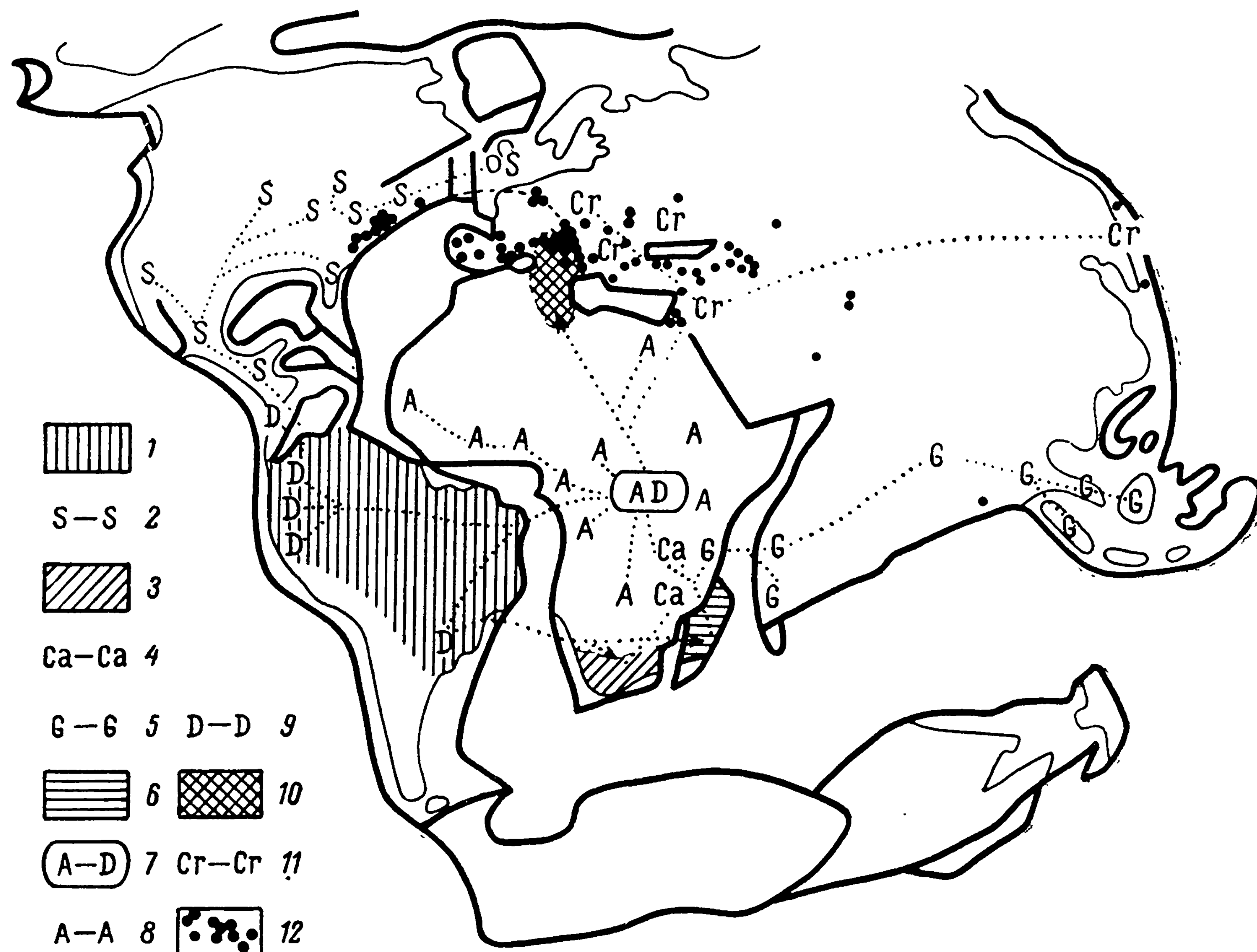


Рис. 31. Современное распространение ряда семейств дождевых червей *Lumbricina*. Нанесено на карту, отражающую реконструкцию материков согласно теории дрейфа, для эоцена (по Михаэльсену).

1 — *Glossoscolecidae*, наземные; *2* — *Sparganophilidae*, пресноводные; *3* — *Microchaetus*, *Tritogenia*, наземные; *4* — *Callidrilus*, пресноводные; *5* — *Glyphidrilus*, пресноводные; *6* — *Kynotus*, наземные; *7* — *Archidrilocrius*, среда обитания достоверно не установлена; *8* — *Alma*, пресноводные; *9* — *Drilocrius*, пресноводные; *10* — *Hormogaster*, наземные; *11* — *Griodrilus*, озерные; *12* — *Lumbricidae*, наземные.

ного Индостана через Новую Гвинею в Новую Зеландию (*Octochaetus*, *Pseudisolabis*) или в Северный Квинсленд, Новую Зеландию и юго-восточную часть Австралии (*Perionyx*). Следует учесть, что Новая Гвинея является полноценной частью этого северного пути распространения.

[7] Конечно, ничто не мешает предположить эту зависимость также и для карбона и, быть может, для еще более раннего времени. Пробел в моей карте карбона означает лишь, что у меня до сих пор отсутствовала какая-либо отправная точка для установления такой материковой связи, так как именно эта часть восточного побережья удлиненного Индостана в Высокой Азии образовала складчатую систему, и связь не может быть проверена простым совмещением с краем Австралийской глыбы.

После того как Австралийская глыба отделилась от Антарктической, она была оттеснена к северо-востоку, а своей выступающей на северо-восток головной частью (Новая Гвинея) была надвинута на Малайскую глыбу... В результате такого катастрофического процесса Новая Гвинея была сжата и вошла в теснейшее соприкосновение с Малайской глыбой, в итоге ее наводнил самый молодой, интенсивно распространяющийся род мегасколецид *Pheretima,* который ранее господствовал на Малайской глыбе, а теперь лишил Новую Гвинею более старой фауны олигохет (*Octochaetus, Perionyx* и пр.). Таким образом, вследствие того, что Новая Гвинея отделилась, образовался пробел в линии распространения от Северной Индии до Новой Зеландии, увеличившийся до таких размеров, при которых почти невозможно объяснить когда-то существовавшие непосредственные материковые связи. При этой катастрофе, связанной с распространением *Pheretima*, Новая Зеландия, вероятно, уже была отделена от Новой Гвинеи, а Австралийский континент едва ли оставался в длительной материковой связи с Новой Гвинеей. Предположительно он уже был отделен узким мелководным проливом, так как Австралийского континента достиг только один единственный вид *Pheretima* (*P. queenslandica,* очевидно, эндемик северного Квинсленда). Более того, отделение Новой Зеландии от Австралии, по крайней мере мелководным морем, должно было произойти довольно рано, ибо Новая Зеландия демонстрирует лишь незначительные связи с Австралийским континентом... Вероятно, сначала отделились от Австралийского континента центральные части Новой Зеландии в форме дуги, в то время как южный ее конец оставался связанным с Тасманией, а северный конец — с Новой Гвинеей. Затем отделился южный конец от Тасмании и только спустя значительное время северный конец стал отделяться от Новой Гвинеи...

Существовавшая несколько дольше, возможно в виде перешейка, материковая связь осуществлялась, вероятно, между Южным Квинслендом и Северным островом Новой Зеландии через Новую Каледонию и остров Норфолк, что и сделало возможным миграцию *Megascolex.* Путь через Новую Гвинею кажется мне неприемлемым, потому что *Megascolex* — типично южно-австралийская форма».

В заключение Михаэльсен пишет: «Я считаю, что результаты моих исследований в отношении распространения олигохет ни в коем случае не противоречат теории дрейфа Вегенера. Напротив, их следует рассматривать как сильный аргумент в ее пользу и, если будет дано окончательное доказательство этой теории, они могли бы в некоторых деталях быть использованы для ее дальнейшего развития.[8]

---

[8] Михаэльсен многократно подчеркивает, что распространение дождевых червей указывает на эпизодическое существование материкового моста через Берингов пролив, которое, как он ошибочно полагает, я отвергаю. Я этого никогда не делал. Возможно, недоразумение имеет свои истоки в неправильном утверждении Динера [108]: «Придвижение Северной Америки к Европе разрывает ее связь с Азиатской континентальной глыбой у Берингова пролива». Но это заблуждение, вызванное, очевидно, картой Меркатора, несостоятельность которой сразу бросается в глаза, если взять в руки глобус и принять во внимание, что движение Северной Америки относительно Европы заключалось в основном во вращении вокруг Аляски (расстояние между краями шельфа Ньюфаундленда—Ирландии 2400 км, тогда как расстояние между северо-восточной Гренландией и Шпицбергеном не-

В заключение следовало бы сказать, что схематические карты Вегенера, которые использовались для построения приведенных здесь схем распространения и на которых были основаны мои выводы, сделаны без учета распространения олигохет. Лишь после того как я указал ему на примечательное соответствие распространения олигохет с материковыми связями по его теории, Вегенер во втором переработанном издании своей книги о дрейфе континентов использовал для обоснования своей теории отдельные факты распространения олигохет. Я привожу этот факт потому, что мне кажется уместным подкрепить теорию Вегенера убедительным доказательством распространения олигохет».

Глава седьмая

ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЕ АРГУМЕНТЫ

Со времени последнего издания этой книги В. Кёппеном и мной было проведено систематическое изучение [151] проблемы климатов геологического прошлого — работа, едва ли уступающая по объему предлагаемой. Хотя в ней речь шла в основном о синтезе геологического и палеонтологического материала, причем и у климатолога и у геофизика, естественно, возникали трудности, и каждый из них мог сделать ошибочные заключения, которых специалист мог бы избежать, мы считали себя вправе предпринять такую попытку, ибо палеоклиматология может развиваться лишь в сочетании с этими науками. Из литературы, опубликованной до сих пор, совершенно отчетливо видно, что применявшиеся до сих пор метеорологические и климатологические методы для этих целей непригодны. В данной главе мы подробно на этом остановимся.

Однако глава не будет рефератом нашей книги. В ее задачу входило выяснение климатов геологических эпох, а перемещение континентов — не самая важная причина среди многих причин климатических изменений; это положение остается верным и для самых древних эпох. Здесь же нам необходимо рассмотреть вопрос лишь о том, в какой степени доисторические климаты подтверждают правильность теории дрейфа, и только с этой целью мы будем привлекать данные о палеоклиматах. В связи с этим почти полностью исключается, например, вопрос о причинах четвертичного оледенения, ибо в четвертичный период положение континентов относительно друг друга было уже настолько сходно с современным, что из этого периода для теории дрейфа можно взять очень мало палеоклиматических критериев.

сколько сотен километров, если не нуль). Это утверждение недавно повторил Шухерт [163]. Но он также сделал ошибочную реконструкцию, поворачивая Северную Америку не вокруг Аляски, а вокруг Северного полюса, для чего нет никаких оснований. Упомянутая выше таблица Арльдта о существовании материковых мостов, один из которых находился также на месте Берингова пролива, показывает, что в этом месте материковая связь существовала, вероятно, уже в пермском и юрском периодах и наверняка — от эоцена до четвертичного периода. Нынешнее разделение Америки и Азии мелководным шельфом Берингова моря, следовательно, очень недавнего происхождения.

Иначе дело обстоит с более древними геологическими периодами. Ведь как раз здесь встречаются чрезвычайно убедительные доказательства неопровержимости теории дрейфа и достаточно велико число авторов, которые именно по этой причине присоединились к рассматриваемой теории.

Для получения достоверных результатов в данном случае необходимы два условия: знание современной климатической системы и ее влияния на неорганический и органический мир, а также знание и правильное истолкование геологических данных, касающихся климата. Оба раздела исследований только начаты, и многочисленные вопросы еще остаются открытыми. Тем более необходимо учитывать достигнутые результаты в их совокупности.

Современная климатическая система, как известно, разработана Кёппеном и представлена на карте климатов Земли [156]. Эта карта еще недостаточно разработана для многих других целей, но для наших она вполне пригодна, так как геологические данные о климате допускают лишь весьма приблизительную его оценку. Поэтому в нашей книге мы их заменим упрощенной картой существующих главных изотерм и засушливых областей, представленной на рис. 32.

Карта содержит все необходимое для наших целей. Мы видим экваториальную зону грозовых дождей, которая опоясывает без промежутков всю Землю; вслед за ней, в поясах высокого давления конских широт * с нисходящими токами воздуха, располагаются засушливые области, которые закономерно прерываются у восточных окраин континентов областями муссонных дождей, а на западных побережьях заходят далеко в море и в направлении полюсов проникают в глубь больших континентов. Затем следуют северные и южные зоны умеренных широт с циклоническими дождями и, наконец, более или менее охваченные оледенением полярные шапки.

Зона теплой морской воды в целом заключена между 28—30-й параллелями северной и южной широт. Все изотермы показывают преобладание зонального распределения климатов, однако существуют характерные отклонения, вызванные распределением суши и моря. Изотерма самого теплого месяца 10°, которая, как известно, поразительно близко совпадает с границей распространения леса, располагается в областях суши на более высокой широте, чем на море, потому что суша имеет более значительные годовые колебания температуры, чем море. Средняя годовая температура —2°, которая приблизительно соответствует линии вечной мерзлоты, имеет иной характер границы. Там, где она проходит на более высокой широте, чем граница леса, она характеризует одновременно и климат, который создают внутриматериковые оледенения (Гренландия, Антарктика); на более низкой широте, как, например, в Сибири, мы встречаем лес на мерзлой почве. Вся область материковых ледников ограничивается широтами более 60°.

---

* Конские широты — области южного и северного полушарий (между 30—35° с. ш. и ю. ш.) во внутренних частях субтропических океанических антициклонов со слабыми ветрами и частыми штилями. Название связано с тем, что во времена парусного мореплавания штили в Атлантике приводили к длительным остановкам кораблей, во время которых из-за нехватки пресной воды лошадей, перевозившихся из Европы в Америку, приходилось выбрасывать за борт. — *Примеч. пер.*

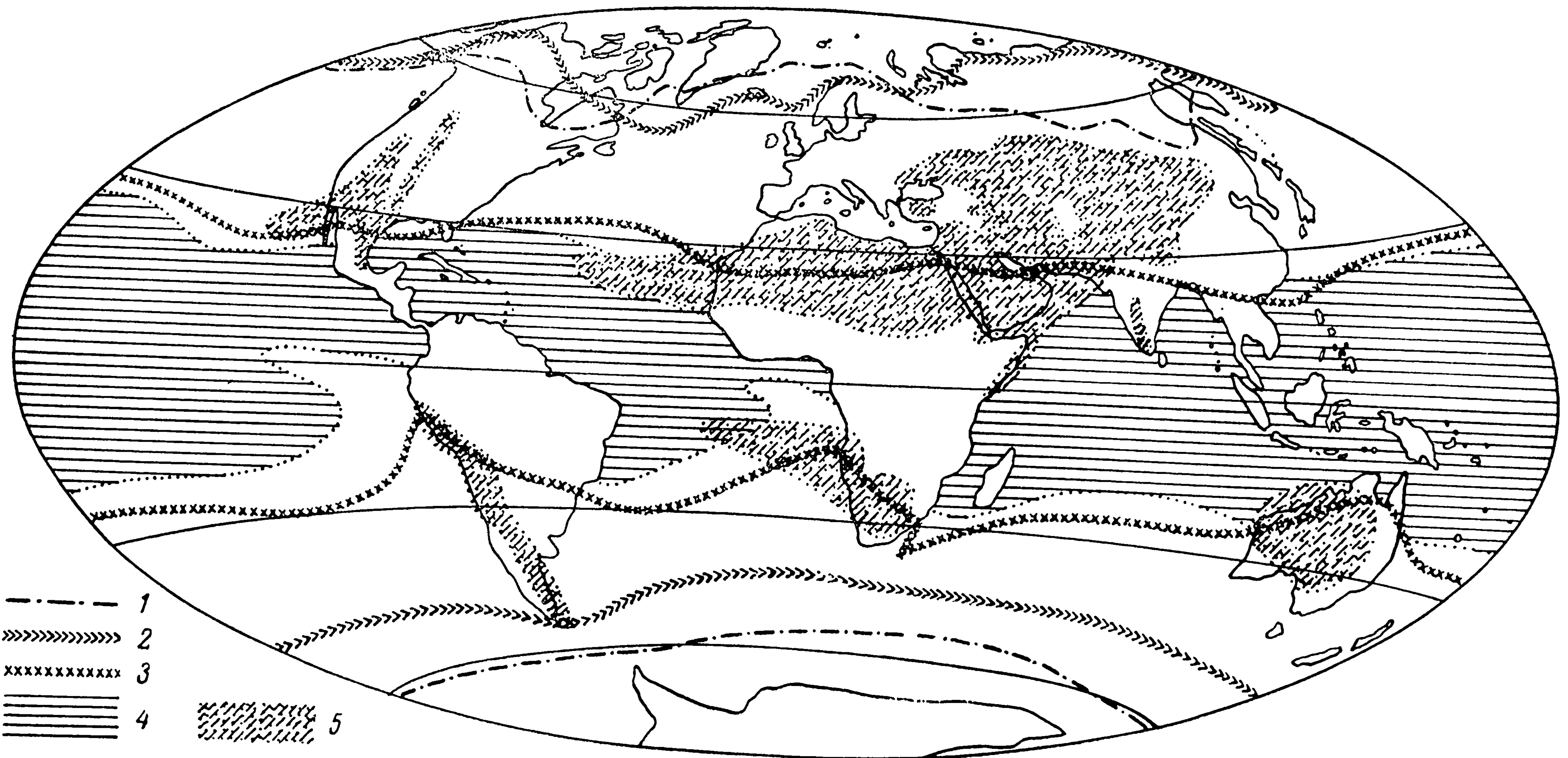


Рис. 32. Современные изотермы (на уровне моря) и аридные (засушливые) области.

1 — среднегодовая температура —2° (граница мерзлых грунтов); *2* — средняя температура наиболее жаркого месяца 10° (граница зоны леса); *3* — средняя температура наиболее холодного месяца 18°; *4* — температура на поверхности воды в наиболее холодный месяц не менее 22°; *5* — аридные области, включая засушливые горные страны,

В дополнение мы даем на рис. 33 уровень снеговой границы на различных широтах по Пашингеру [157] и Кёппену [158]. Она достигает наивысшей отметки 5000 м и более в конских широтах. Изображение относится к отдельным горам или к горным цепям. В плоских нагорьях снеговая граница лежит значительно выше.

Геологическое и биологическое влияние этой климатической системы весьма многообразно. Рассмотрим ее в совокупности с имеющимися геологическими индикаторами климата.

Вероятно, важнейшими показателями климата, хотя и несколько ненадежными, являются те следы, которые оставили после себя прежние покровы материкового льда. Поскольку для образования материкового льда решающими являются низкие летние температуры, отсутствующие

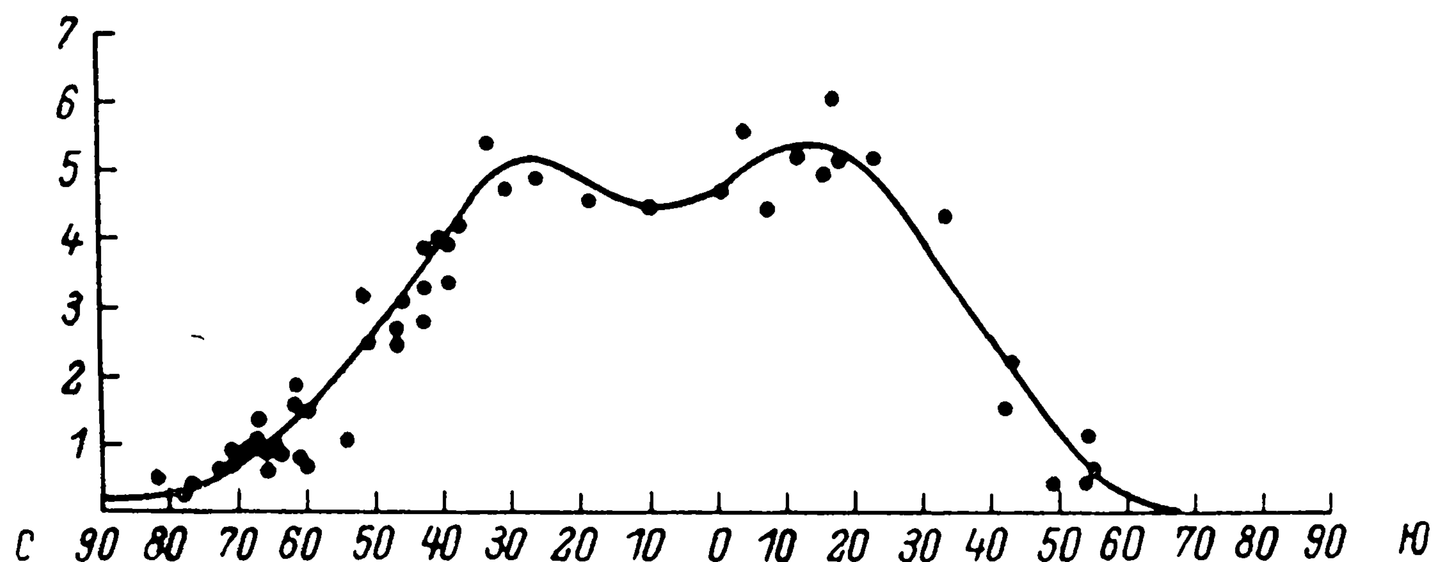


Рис. 33. Современная высота границы снегов на различных широтах.

внутри больших континентов вследствие больших годовых колебаний температур, не всегда можно установить полярный климат по следам материкового льда. Однако, наоборот, там, где мы находим такие следы, мы, несомненно, имеем дело с результатами полярного климата. Чаще всего находят валунные (ледниковые) глины. Под этим названием подразумевают смесь мельчайших и крупных обломков пород, характерных для морены. Валунные глины более древних периодов большей частью превратились в твердые породы, тиллиты. Мы их знаем или предполагаем их существование в альгонке, кембрии, девоне, карбоне, перми, миоцене, плиоцене и четвертичном периоде. К сожалению, именно эти наиболее часто встречающиеся следы материковых ледяных покровов чрезвычайно схожи с «псевдогляциальными» конгломератами, образовавшимися из обычных обломков. В последних встречаются даже полировка и царапины, которые можно принять за штриховку валунно-галечниковых отложений. В действительности же их следует трактовать как поверхностные следы скольжения. Вообще гляциальное происхождение принято считать бесспорным лишь тогда, когда под валунной глиной основной морены удается обнаружить полированную поверхность подстилающей породы.

Другую важную группу показателей климата образуют угли, которые следует рассматривать как ископаемые торфяные пласты. Для заболачивания водного бассейна необходимо заполнение его пресной водой, а это может происходить только в зонах дождей, а не в засушливых областях. Следовательно, уголь свидетельствует о влажном климате, причем речь

может идти как об экваториальной зоне дождей, так и о зоне умеренных широт, а также о субтропическом влажном климате муссонных областей на восточных окраинах континентов. Так, например, в настоящее время торф образуется в многочисленных болотах на экваторе, а также в субтропиках, где климат влажен, и в равной мере в умеренных широтах Северной Европы, где, между прочим, давно известны четвертичные и послечетвертичные торфяные болота. Таким образом, только по наличию одних угольных пластов нельзя судить о температуре; для этого необходимо определить характер флоры, остатки которой встречаются в угольных пластах и в соседних с ними слоях.

Еще одно указание, значение которого, однако, нельзя переоценивать, дает мощность угольных пластов, поскольку буйная растительность тропиков ceteris paribus * может образовать торфяные пласты большей мощности, чем медленно развивающаяся растительность умеренных широт.

Особенно важную группу климатических критериев составляют осадки засушливых областей, в особенности соль, гипс и песчаники пустынь. Каменная соль образуется в результате испарения морской воды. При этом речь идет в большинстве случаев о больших наводнениях (трансгрессиях) на суше, которая вследствие тектонических движений оказывается полностью или в достаточной степени отгороженной от открытого моря. При дождливом климате такие моря постепенно опресняются, подобно Балтийскому морю. В засушливом климате, где испарение преобладает над осадками, при полной изоляции ареал трансгрессии сначала уменьшается вследствие усыхания, а соляной раствор концентрируется до тех пор, пока, наконец, не начинается осаждение солей. Сперва в осадок выпадает гипс, затем поваренная (каменная) соль и, наконец, легко растворяющиеся калийные соли. Поэтому гипсоносные отложения, как правило, занимают наибольшее пространство. В них встречаются пласты каменной соли и изредка, на ограниченной площади, — калийные соли.

Еще бóльшие площади покрывают движущиеся дюны бывших пустынь, превратившиеся в песчаник. Они отличаются скудностью растительности и животного мира. Однако они не столь надежно свидетельствуют о засушливом климате, как соль и гипс, так как пески и дюны, хотя и на меньшем протяжении, встречаются и в дождливом климате в виде штрандов (прибрежных образований), подобно современным штрандам Северной Германии, а также зандровых песков, расположенных перед краем материкового ледника, каковы, например, зандры в Исландии. Некоторое, хотя и слабое, указание на температурные условия дает цвет этих песчаников. В тропиках и субтропиках при почвообразовании преобладает красный цвет, в умеренных и высоких широтах — коричневый и желтый цвета. В тропиках береговые пески имеют также белый цвет.

Для морских отложений установлена закономерность, согласно которой мощные известковые слои могут осаждаться только в теплых водах тропиков и субтропиков. Хотя здесь, видимо, также играет некоторую роль и деятельность бактерий, основной причиной, вероятно, является тот факт, что холодная полярная вода может растворять намного бóльшие количества извести и поэтому не насыщена, в то время как теплая

---

* Ceteris paribus (лат.) — при прочих равных условиях. — *Примеч. пер.*

вода тропиков, содержащая меньше извести в растворенном виде, насыщена или перенасыщена (сравните с накипью). С этим, очевидно, связано также в общем намного большее выделение извести организмами в тропиках, прежде всего кораллами и известковыми водорослями, а также раковинами и моллюсками. В полярном климате отложение мощных известковых слоев, видимо, вообще невозможно; известь также исчезает в глубоководных отложениях вследствие низкой температуры глубинной воды.

К этим неорганическим показателям климата присоединяются еще показатели из растительного и животного мира. Однако с ними необходимо обращаться с большой осторожностью, потому что организмы обладают большой приспособляемостью. Поэтому по одиночным находкам редко можно делать выводы, зато всегда можно получить полезные результаты, если рассматривать общее географическое распространение растительного и животного мира в определенный период. Путем сравнения флоры одного и того же периода времени, но из различных частей Земли можно в большинстве случаев с уверенностью решить, какая из этих флор была из более теплого, и какая из более холодного климата. Однако абсолютное значение температуры можно определить только в самых молодых геологических формациях, где растения сходны с современными, в то время как по более древним флорам вывод остается большей частью неопределенным. Отсутствие годичных колец у древесных растений указывает на тропический климат, резко обозначенные годичные кольца — на умеренный, несмотря на нередко встречающиеся исключения. Там, где росли высокоствольные деревья, в геологическом прошлом мы можем предполагать температуру самого теплого месяца 10 °С и выше.

Животный мир также дает много информации о климате. Рептилии, не вырабатывающие собственного тепла, в холодном климате впадают в зимнее оцепенение, в котором они беззащитны. Они могут поэтому жить в таком климате только в том случае, если достаточно малы, подобно нашим ящерицам и кольчатым ужам, чтобы иметь возможность легко спрятаться. Если, как, например, в полярной области, отсутствует к тому же летнее тепло и их яйца не могут согреваться солнцем, то они вообще не смогут найти здесь сносных условий жизни. Следовательно, там, где этот класс широко развит и имеет особенно крупных представителей, можно предполагать тропический или по меньшей мере субтропический климат. Вообще травоядные дают сведения о растительности и тем самым о количестве дождей; такие быстроходные животные, как лошади, антилопы, страусы, свидетельствуют о степном климате, так как строение их тела приспособлено к преодолению больших пространств. Лазающие, так же как и обезьяны или ленивцы, приспособлены к лесу.

Здесь невозможно остановиться на всех подобных показателях климата, однако сказанного достаточно, чтобы дать приблизительную картину того, на каком основании вообще делаются заключения о доисторическом климате.

Огромное количество фактов, которые таким образом могут быть использованы в качестве геологических и палеонтологических критериев климата, поразительно отчетливо показывает, что в большинстве районов Земли в доисторическое время был совсем другой климат, чем ныне. Так,

например, известно, что в Европе на протяжении большей части истории Земли был субтропический и тропический климат. Еще к началу третичного периода в Средней Европе господствовал климат экваториальной зоны дождей, а затем в середине этого же периода образовались большие соляные залежи, указывающие, что в то время здесь был сухой (аридный) климат. Позже, в конце третичного периода, климат примерно соответствовал современному, после чего в четвертичном периоде произошло наступление материкового ледника. Следовательно, полярный климат был характерен по меньшей мере для Северной Европы.

Особенно яркий пример больших климатических изменений представляет полярная северная область, например хорошо известный Шпицберген, который отделен от Европы лишь участком мелкого моря и, следовательно, образует часть большого Евроазиатского континентального блока. В настоящее время Шпицберген находится в суровом полярном климате, под материковым льдом, но в раннетретичную эпоху (когда Средняя Европа находилась в экваториальной зоне дождей) там стояли леса, отличавшиеся большим богатством пород, что ныне можно встретить и в Средней Европе. Там произрастали не только сосна, ель и тис, но также липа, бук, тополь, вяз, дуб, клен, плющ, тёрн, орешник, боярышник, калина, ясень и даже такие теплолюбивые растения, как водяная лилия, грецкий орех, болотный кипарис (*Taxodium*), мощная секвойя, платан, каштан, гинкго, магнолия и виноградная лоза! Очевидно, тогда на Шпицбергене должен был существовать такой климат, какой сегодня характерен для Франции, т. е. средняя годовая температура здесь была примерно на 20° выше, чем в настоящее время. А если мы еще больше углубимся в историю Земли, то найдем здесь признаки еще более теплого климата. В юрском периоде и в раннем мелу здесь росли саговые пальмы, которые ныне встречаются только в тропиках, гинкго (в настоящее время есть один единственный вид в Китае и Южной Японии), древовидный папоротник и др. Наконец, в карбоне мы находим в некоторых районах Шпицбергена мощные пласты гипса, свидетельствующие о субтропическом засушливом климате, а также флору, которая имеет субтропический характер.

Такая резкая смена климатов — в Европе от тропического до климата умеренных широт, а на Шпицбергене от субтропического до полярного — сразу наводит на мысль о смещении полюсов и экватора и вместе с ними всей зональной системы климатов. Это предположение находит неопровержимое подтверждение в том, что Южная Африка, расположенная на 80° южнее Европы и на 110° южнее Шпицбергена, претерпевала в тот же период времени столь же резкое, но как раз противоположное изменение климата: покрытая в карбоне материковым льдом, т. е. располагаясь в полярном климате, сегодня она находится в субтропическом климате!

Эти бесспорные факты невозможно объяснить ничем иным, кроме миграции полюсов.[1] При этом можно предположить следующее. Если меридиан Шпицберген—Южная Африка испытал наибольшие изменения климата, то одновременное изменение климата на двух меридианах, ле-

[1] О миграции полюсов см. гл. 8.

жащих на 90° восточнее и западнее его, должно было равняться нулю или во всяком случае быть весьма незначительным. И это действительно так, ибо Зондский архипелаг, который находится на 90° восточнее Африки, в раннетретичную эпоху определенно имел такой же тропический климат, как и теперь. Это видно из того, что там сохранились без изменения многочисленные древние растения и животные, например такие, как саговая пальма или тапир; недавно там были обнаружены растения каменноугольного периода того же рода, который известен в Европе и считается, по мнению лучших знатоков, тропическим. В подобном положении была также северная часть Южной Америки, где, между прочим, тапир также сохранился, в то время как в Северной Америке, Европе и Азии его можно найти только в ископаемом состоянии, а в Африке его нет вообще. Конечно, в северной части Южной Америки климат был не столь постоянен, как на Зондских островах; как мы увидим далее, это является следствием дрейфа континентов; Южная Америка находилась раньше не на 90° к западу от меридиана Шпицберген—Южная Африка, а значительно ближе к нему.

Поэтому не следует удивляться, что при попытках отыскать причины изменений климата в предыдущие геологические периоды исследователи уже давно возвращаются к предположению о миграции полюса. Еще Гердер в своей работе «Идеи философии истории человечества» указал на такое объяснение климатов предыдущих геологических периодов. Затем эти идеи в большей или меньшей степени отстаивались многочисленными авторами, а именно: Эвансом (1876), Тэйлором (1885), Лёффельгольц фон Кольбергом (1886), Ольдгэмом (1886), Неймайром (1887), Натхорстом (1888), Ганзеном (1890), Земпером (1896), Дэвисом (1896), Рейбишем (1901), Крейхгауэром (1902), Гольфье (1903), Зимротом (1907), Вальтером (1908), Иокойямой (1911), Даке (1915), Э. Кайзером (1918), Эккардом (1921), Коссматом (1921), Стефаном Рихарцем (1926) и многими другими. Арльдт [159] обобщил эту литературу до 1918 г., но с тех пор еще быстрее росло число авторов, выступавших за миграцию полюсов.

Раньше эта теория всегда вызывала возражение среди узкого круга профессиональных геологов и до работ Неймайра и Натхорста большинство геологов совершенно отвергали теорию перемещения полюсов. Но после публикации указанных выше работ картина несколько изменилась. Очень медленно, но все же число сторонников перемещения полюсов возрастает, и в настоящее время большинство геологов придерживаются сформулированной в учебнике геологии Кайзера точки зрения, что «трудно обойтись» без допущения больших изменений положения полюса в течение третичного периода. Перемещение полюса может быть твердо доказано, несмотря на резкость, с какой некоторые противники этой идеи борются против нее.

Хотя причины для признания миграции полюсов в истории Земли представлялись убедительными, первые попытки определить положения полюсов и экватора для любых моментов времени привели к столь абсурдным противоречиям, что, естественно, возникло подозрение, что сама гипотеза миграции полюсов стоит на ложном пути. Такие систематические попытки предпринимались только аутсайдерами, и поэтому они не получили всеобщего признания. Такие попытки предпринимались Лёф-

фельгольц фон Кольбергом [4], Рейбишем [161], Зимротом [162], Крейхгауэром [5] и Жакобитти [164]. Среди них Рейбиш свои, очень верные представления, относящиеся к меловому и последующим периодам, к сожалению, искусственно облек в форму своеобразной теории «маятникообразных колебаний» полюса по «круговой колебательной миграции», что с точки зрения физических законов волчка неправильно или, во всяком случае, необоснованно и приводит к многочисленным противоречиям по сравнению с наблюдениями. Зимрот собрал большое количество биологических фактов, которые хорошо согласуются с предположением о миграции, но не смог убедить в предполагаемом закономерном их колебании, подобном маятнику. Более правилен чисто индуктивный метод, а именно непредвзятое определение положения полюса лишь по ископаемым показателям климата. Этот путь избрал в своей обстоятельной и ясно написанной книге Крейхгауэр, опираясь на недостаточно обоснованный закон о расположении горных цепей. Почти все эти построения дают для кайнозойского времени примерно тот же результат, к которому пришли Кёппен и автор, а именно — в начале третичного периода полюс находился вблизи Алеутских островов, а затем произошла его миграция в сторону Гренландии, где он и встретил начало четвертичного периода.[2] Относительно этих эпох нет больших внутренних разногласий. Иначе обстоит дело с периодами, предшествовавшими меловому. Тут сильно расходятся между собой не только воззрения перечисленных авторов, но и все их реконструкции, так как в них не учитывается перемещение материков. Это приводит к безнадежным противоречиям, исключающим допустимое положение полюса.

Если же, напротив, основываясь на теории дрейфа, нанести данные по палеоклиматам для каждого периода на карту, составленную согласно этой теории, то эти противоречия полностью исчезают и все климатические данные сами собой располагаются в картину климатических зон, известных в настоящее время: два засушливых пояса, между которыми вдоль экватора земного шара простирается влажный пояс; все свидетельства тропического жаркого климата попадают в эти три пояса. К ним с обеих внешних сторон примыкают два гумидных пояса, а там, где находятся свидетельства полярного климата, выделяются области, центры которых расположены в 90° от экватора и около 60° от ближайшего аридного пояса.

Рассмотрим сперва карбон как самый древний период, для которого были составлены карты Земли с учетом теории дрейфа материков. Здесь мы сразу встречаемся с главным затруднением прежней палеоклиматологии, а именно со следами пермокарбонового оледенения.

Все современные южные континенты (и Декан) в конце карбона и в начале пермского периода были покрыты материковым льдом; напро-

---

[2] Положение полюсов в раннечетвертичное время недавно еще раз получило поразительное подтверждение на основе ряда биологических фактов, полученных фон Игерингом [122] из Южной Америки, на которые сослался Кёппен [127]. Сам Игеринг хотел бы объяснить эти факты изменением океанических течений при нынешнем положении полюсов, по-моему неприемлемым образом, на чем мы в данном случае не можем подробно останавливаться, так как этот вопрос лежит вне нашей темы.

тив, ни на одном континенте современного северного полушария, не считая Декана, не известны признаки оледенения в этом периоде.

Подробнее всего следы материкового оледенения изучены в Южной Африке, где Моленграфф в 1898 г. впервые нашел под древней мореной отполированные льдом коренные породы и этим устранил последнее сомнение в моренном происхождении распространенного там «конгломерата Двайка» [165]. Последующие работы, из которых особенно надо выделить исследования Дю Тойта [166], дают очень подробную картину этого оледенения. Во многих местах по бороздам на отполированных породах можно определить направление движения льда; таким образом, здесь можно установить ряд центров оледенения, из которых растекался лед, и обратить внимание на ничтожную разницу во времени основной активности этих центров. В целом установлено увеличение мощности слоя льда с запада на восток в современном понимании. В Южной Африке южнее 33° ю. ш. валунные глины согласно залегают на морских отложениях. Валунные глины составляют их непосредственное продолжение. Это можно объяснить лишь тем, что материковый лед здесь оканчивался в виде плавучего «барьера», как это имеет место сегодня в Антарктике, причем основная морена, образующаяся при таянии нижней поверхности льда, отлагалась на древних морских осадках как их естественное продолжение. Следовательно, снеговая граница проходила здесь на уровне моря. Распространение этого южно-африканского оледенения, которое сопоставимо с современным оледенением Гренландии, доказывает, что речь идет о настоящем материковом леднике, а не просто о горном оледенении.

Однако совершенно такие же моренные отложения встречаются на Фолклендских островах, в Аргентине и Южной Бразилии, на Индостане и в Западной, Средней и Восточной Австралии. Во всех этих областях полное подобие всей последовательности слоев исчерпывающим образом объясняет гляциальное происхождение местных отвердевших валунных глин. Все они, как и в Южной Африке, лежали под материковым льдом. Многие расположенные в стратиграфической последовательности слои валунных глин, между которыми залегают межледниковые отложения, были найдены в Южной Америке и Австралии. Это вполне аналогично чередованию ледниковых и межледниковых эпох в четвертичном периоде Северной Европы. Так, в средней части Восточной Австралии (Новый Южный Уэльс) существуют две морены, разделенные угленосными межледниковыми слоями. Следовательно, суша здесь была дважды покрыта материковым льдом, но в промежутке на моренном ландшафте образовались пресноводные озера, которые подверглись заболачиванию. Южнее этих мест, в Виктории, был найден только один ледниковый горизонт, а севернее, в Квинсленде, —вообще ни одного. Самая южная часть Восточной Австралии была, следовательно, в этот период постоянно погребена подо льдом, на среднюю ее часть лед проникал только дважды, а северная оставалась совершенно свободной. Таким образом, здесь начинает разворачиваться совершенно такая же картина, какую мы уже давно знаем для четвертичного ледникового периода Европы и Северной Америки. В четвертичном периоде чередование ледниковых и межледниковых периодов мы можем объяснить периодическими изменениями движения Земли и колебаниями интенсивности радиации; то, что такие колебания

происходили на протяжении всей истории Земли, можно считать бесспорным. Но заметные следы они могли оставить после себя только в те периоды, когда материковый лед лежал в полярных областях. Все эти детали ясно показывают, что оледенение южных континентов в пермокарбоне должно рассматриваться как настоящее материковое.

Но следы пермокарбонового ледникового периода теперь далеко отдалены один от другого и распространены в области, которая занимает почти половину поверхности Земли!

Рассмотрим рис. 34. Даже если мы поместим Южный полюс на самое вероятное место, в центре этих следов оледенения, т. е. примерно на

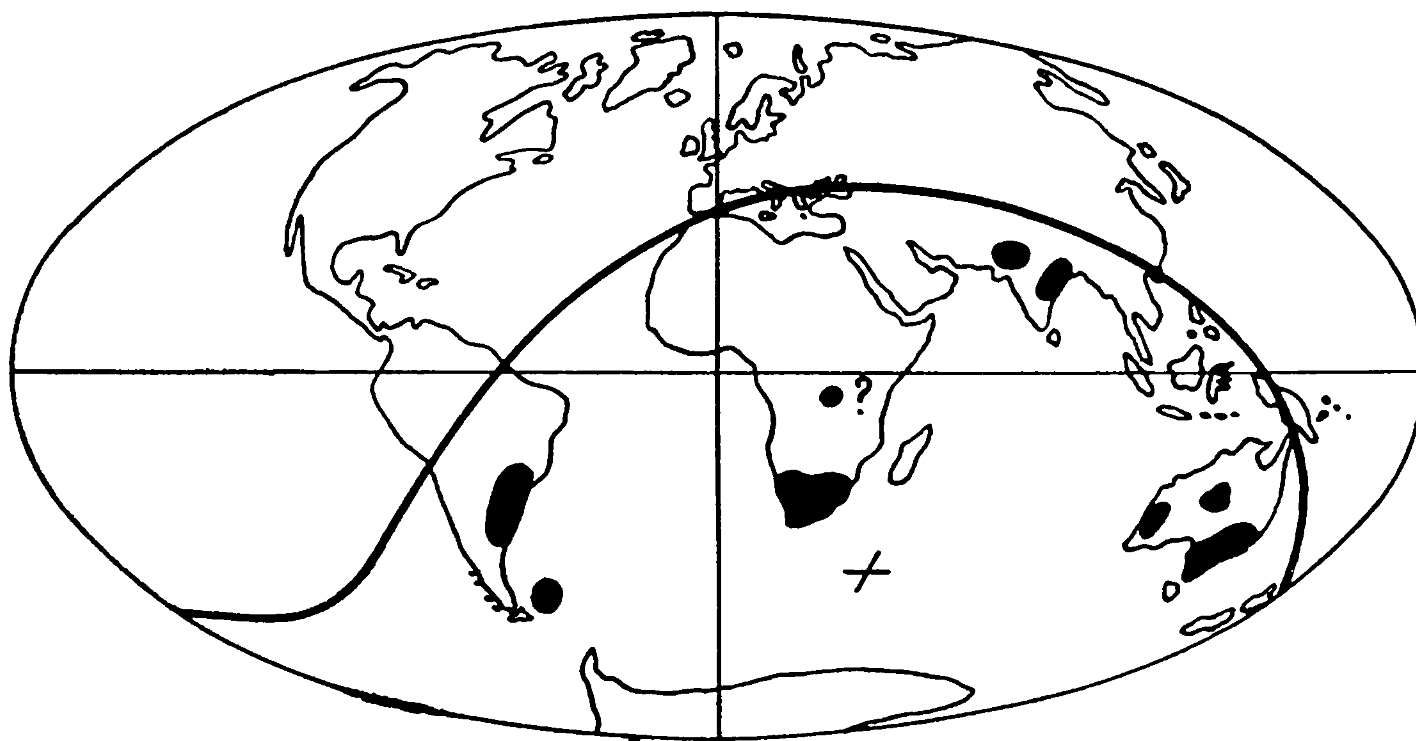


Рис. 34. Следы материкового пермокарбонового оледенения на современных континентах.

Крестиком обозначена наиболее пригодная для объяснения этого оледенения позиция Южного полюса; *жирная кривая* — линия экватора, соответствующая такому положению полюса.

50° ю. ш. и 45° в. д., то найдем, что по отношению к линии экватора, соответствующей такому положению полюса, наиболее удаленные от полюса следы материкового оледенения в Бразилии, Индостане и Восточной Австралии должны быть расположены на географических широтах менее 10°. Получается, что полярный климат господствовал в то время в южном полушарии почти до линии экватора. В то же время в другом полушарии, исходя из таких построений, мы нашли бы только следы тропического и субтропического жаркого климата вплоть до Шпицбергена. Нет необходимости говорить, что подобный вывод не имеет смысла. Попытка объяснить эти следы оледенений с позиций климатологии была предпринята Кокеном [167] еще в 1907 г., когда южно-американские находки считались сомнительными. Однако его выводы практически оказываются абсурдными. Он считал, что не остается ничего иного, как предположить, что все эти следы оледенения образовались на большой высоте над уровнем моря. Этот вывод не может быть принят во внимание потому, что на нагорьях такой протяженности в тропиках не образуется материкового льда, а геологические наблюдения доказывают как раз обратное, свидетельствуя о том, что снеговая граница в областях пермокарбонового оледенения опускалась до уровня моря. С тех пор фактически

больше уже не предпринимались попытки объяснения этих явлений с климатической точки зрения.

Эти следы оледенения представляют, таким образом, блестящее опровержение гипотезы о неподвижности континентов. Что сказали бы мы о теории дрейфа, если бы она в какой-либо части обобщенного ею большого материала привела бы к такому абсурду? Неизменность положения континентальных блоков рассматривалась до сих пор как априорная истина, не требующая доказательств. Но ведь в действительности это тоже только гипотеза, требующая проверки наблюдениями. Я сомневаюсь, в состоянии ли геология привести для какого-нибудь из своих выводов более надежное доказательство, чем доказательство неправильности гипотезы фиксизма, относительной неподвижности материков, основанное на изучении следов пермокарбонового оледенения.

Мы не будем здесь подкреплять сказанное цитатами из литературы. То, что очевидно каждому, не требует подтверждения ссылкой на чужое мнение, а кто не хочет видеть, тому все равно никоим образом не поможешь. Перед нами больше не стоит вопрос: перемещались ли континентальные блоки, ибо в этом нет никакого сомнения. Но перемещались ли они так, как это предполагает теория дрейфа материков? При этом прежде всего нельзя обойти молчанием того, что в пермокарбоновых отложениях ряда других мест найдены конгломераты, которые с геологических позиций до сих пор рассматривались так же как ледниковые, но по своему положению мало подходят, а частично вообще не соответствуют выводам теории дрейфа.

Так, например, имеются сообщения о таких пермокарбоновых (а также триасовых) конгломератах Центральной Африки [216], которые до сих пор сопоставлялись с южно-африканским конгломератом Двайка и рассматривались как основная морена материкового оледенения. Следы пермокарбонового оледенения в районе Конго при необходимости могли бы еще с ними быть объединены на основании гипотез теории перемещения (триасовые следы, правда, весьма плохо), однако, по моему мнению, это требует гипотез, невероятных с точки зрения климатологии. Но как же в этом случае обстоит дело с надежностью доказательства их ледникового происхождения? Выше уже указывалось на то, что обманчиво схожие «псевдогляциальные» конгломераты с отполированными обломками могли образоваться и, как доказано, формировались также в совершенно других климатах (в частности, в аридном климате). Отполированные породы под предполагаемой мореной в районе Конго до сих пор нигде не обнаружены. Таким образом, до сих пор здесь известны только такие признаки, которые типичны для псевдоледниковых конгломератов. Кроме того, последовательность напластования там удается наблюдать лишь в небольших фрагментах отложений. Даже принадлежность их к пермокарбону еще не доказана, так что нельзя утверждать, что гляциальное происхождение здесь подтверждается идентичностью всей последовательности слоев. То немногое, что нам известно об этих слоях, указывает, видимо, на их иной генезис и соответственно на другой климат. Следовательно, ни в коем случае нельзя считать здесь гляциальное происхождение конгломератов доказанным. Этому противоречит также тот факт, что в Южной Африке определена возможная северная граница материкового ледника.

Мало вероятно, чтобы в Центральной Африке в то же время существовала другая изолированная ледниковая шапка. Поэтому целесообразно пока не принимать во внимание конгломераты Центральной Африки в качестве показателей климата. Я считаю возможным, что в дальнейшем подтвердится их псевдогляциальное происхождение.

Еще вероятнее это по отношению к пермокарбоновым конгломератам, найденным Коертом в Того, которые, по имеющимся еще не очень детальным исследованиям, также считаются гляциальными. По моему мнению, весьма вероятно, что они образовались в аридном климате.

Совершенно несовместим с последовательной общей картиной, которую предлагает теория дрейфа материков, ряд других конгломератов в Северной Америке и Европе, которым приписывается гляциальное происхождение. Так, Хобсон полагает, что нашел следы оледенения в карбоне Рурского бассейна, а Чернышов — в верхнем карбоне Урала.

В. Даусон в 1872 г. также нашел мнимые следы оледенения в Новой Шотландии, которые в 1925 г. были подтверждены А. П. Колеманом. С. Вейдман (1923 г.) обнаружил их в горах Арбокл и Уичито в Оклахоме, И. Б. Вудворт (1921 г.) — в сланцах «Кэни» Оклахомы, Удден — в перми Западного Техаса, Зюссмильх и Дэвид упоминают также конгломераты «Фонтэн» в Колорадо. Эти отдельные находки рассматриваются теперь преобладающим большинством геологов как псевдогляциальные. Это верно, так как их гляциальное происхождение противоречило бы всем остальным многочисленным индикаторам климата, известным в этих же районах. Ван Ватершут ван дер Грахт [210] пишет о них: «Мы должны быть очень осторожными с „тиллитами“. Я не считаю доказанным гляциальное происхождение какого-либо пермокарбонового конгломерата из Техаса, Канзаса, Оклахомы и особенно из Колорадо. Кто знаком с ливнями, в особенности с такими, какие бывают в пустынях или на краю аридных зон, того не удивляет, что потоками такого дождя осаждается несортированный, большей частью обломочный материал большой мощности. Эти потоки чрезвычайно сильны, хотя и кратковременны. Они состоят больше из грязи, чем из воды, и смесь имеет такой большой удельный вес, что может перемещать не только большие глыбы, но и содержать в своем составе любой материал. Не требуется льда, чтобы это объяснить. В настоящее время мы видим подобные процессы во всех пустынях, в том числе и в пустынях американского Запада».

«Одиночные большие глыбы в обычно мелкозернистых морских отложениях не нуждались в перемещении посредством плавучего льда. Большие деревья могут совершать то же самое, когда, обхватив своими корнями огромные камни, выносят их в море».

«Даже отшлифованные и исштрихованные камни могут не иметь гляциального происхождения, кроме тех случаев, когда борозды многочисленны, а камни состоят из очень плотной и твердой породы. Такие камни, поразительно схожие с гляциальными глыбами и эрратическими валунами, известные в пермских конгломератах северо-западной Европы, с отчетливыми признаками гляциального происхождения рассматриваются теперь только лишь как обломки, изборожденные оползнями. В 1909 г. я сам однажды совершил ошибку, характеризуя один из таких европейских конгломератов как тиллит».

К приведенным выше случаям в качестве особенно примечательного явления следует добавить открытый под Бостоном в Северной Америке пермокарбоновый конгломерат, получивший название «Сквантум-тиллит» и рассматриваемый всеми посетившими его исследователями, в частности Сайлесом [168], который дал его подробное описание, в качестве литифицированной морены. Эти отложения имеют ареал примерно такой же величины, как в леднике Ватнайекулль в Исландии. Конгломерат содержит полированные камни, которые считаются валунами, отшлифованными льдом, а в окрестностях этого района найдены слои отвердевшей глины, сходные с четвертичными и послечетвертичными глинами, изученными де Геером в Швеции. Однако все это образования, которые могут иметь также псевдогляциальное происхождение. До сих пор среди этих мнимых морен нигде не были найдены отшлифованные скалы ледникового ложа.

Как я недавно подчеркнул [217], относительно ледникового происхождения тиллита Сквантум существуют серьезнейшие сомнения с климатологической точки зрения, совершенно независимые от теории дрейфа. Все другие признаки климата Северной Америки пермокарбонового периода, число которых необычайно велико, бесспорно доказывают, что область Соединенных Штатов на Западе имела в течение всего этого времени климат жаркой пустыни, в то время как Восток в карбоне находился еще в экваториальной зоне дождей, а в пермский период — в области жаркой пустыни. Ниже будут приведены подробности об этих показателях климата, среди которых главную роль играют соле- и гипсоносные отложения и коралловые рифы. Из нашего рис. 33 следует, что в климатических условиях, которые способствовали формированию этих отложений, снеговая граница занимала наивысшее положение по всей Земле. В районе Соединенных Штатов она проходила тогда на высоте 5000 м. Совершенно исключено, чтобы среди этих отложений могла лежать ледяная масса, соизмеримая с ледником Ватнайекулль, или, как некоторые полагают, чтобы в том самом море, в котором формировались коралловые рифы, могли плавать айсберги. Это невозможно физически, ибо климат не мог быть одновременно жарким и холодным. Никоим образом несостоятельна также гипотеза о возникновении этих ледниковых образований на большой высоте. В связи с этим я считаю весьма вероятным, что тиллит Сквантум псевдогляциального происхождения, подобно некоторым другим конгломератам.

При этом следует учесть, что приведенные соображения, говорящие против ледникового происхождения тиллита Сквантум, основываются на близких во времени и в пространстве отложениях самого Североамериканского блока; следовательно, они не имеют ничего общего с теорией дрейфа материков и должны объясняться без ее помощи.

По той же причине нелогично рассматривать наличие тиллита Сквантум в качестве опровержения. Ибо как бы ни обстояло дело со Сквантум-тиллитом, нет никаких сомнений в том, что мы должны следовать большому числу надежных и совпадающих между собой фактов, а не одному шаткому аргументу, который во многих отношениях представляется сомнительным.

Я остановился здесь несколько подробнее на псевдогляциальных явлениях пермокарбона потому, что до сих пор, видимо, лишь я один[3] возражаю против ледникового происхождения Сквантум-тиллита и поэтому должен был дать подробное обоснование моим возражениям. Теперь посмотрим, как располагаются надежные данные о климате карбона и перми в свете гипотез теории дрейфа материков.

Важнейшие из них нанесены на карты (рис. 35 и 36). Достоверные следы оледенения обозначены буквой *E*. Как мы видим, все участки, покрытые в то время ледниками, сомкнулись вокруг Южной Африки и заняли на земной поверхности область радиусом около 30°. Одновозрастные свидетельства полярного климата теперь, следовательно, ограничены таким же по площади ареалом, как и в современной климатической системе. Это подтверждение нашей гипотезы, лучше которого нечего и желать.[4]

Как же получается, что многим доказательствам материкового льда у Южного полюса не противостоят таковые на Северном полюсе? Объяснение заключается в том, что Северный полюс лежал в Тихом океане в том месте, которое далеко отстояло от всех континентов.

От середины области оледенения, т. е. от Южного полюса, на наших рисунках проведены соответствующие ему линии экватора и параллелей 30 и 60° северной и южной широт, а также Северный полюс. Эти линии в принятой проекции, естественно, сильно искривлены; экватор, представляющий в действительности самую большую окружность на шаре, изображен изогнутой, несколько более толстой линией. Как же на такой схеме располагаются остальные показатели климата?

Большая зона каменноугольных отложений карбона, которая проходит через Северную Америку, Европу, Малую Азию и Китай, опоясывает Землю на нашей реконструкции (не на современной Земле!) таким образом, что полюс оказывается в центре области оледенения, а сама зона совпадает с нашим экватором.

Уголь, как уже говорилось, указывает на влажный климат. Пояс дождей (гумидный), который в данном случае охватывает Землю в виде большого круга, может быть несомненно только экваториальным. Если к тому же можно установить, как это получилось на нашей реконструкции, что этот пояс расположен в 90° от центра обширной области материкового оледенения, то мы тем более вправе сделать вывод об его экваториальном положении.

Важно уяснить себе, что этот вывод совершенно неизбежен, независимо от того, исходим ли мы при этом из теории дрейфа или нет. Совре-

---

[3] Видимо, только Ван Ватершут ван дер Грахт [210] присоединяется к моим сомнениям.

[4] Несправедливо возражают: поскольку оледенения южных континентов были не совсем одновременными, можно было бы обойтись современным положением континентов, если принять лишь одно (правда, очень большое и быстрое!) перемещение полюсов. Но первое оледенение Австралии произошло уже в карбоне одновременно с оледенением Южной Америки и Южной Африки. При таком большом перемещении Южного полюса Северный полюс должен был бы пересечь Мексику, где господствовал тогда жаркий климат пустыни. Все другие индикаторы климата, распределенные по поверхности суши, со всей определенностью противоречат столь резкому изменению позиции полюса.

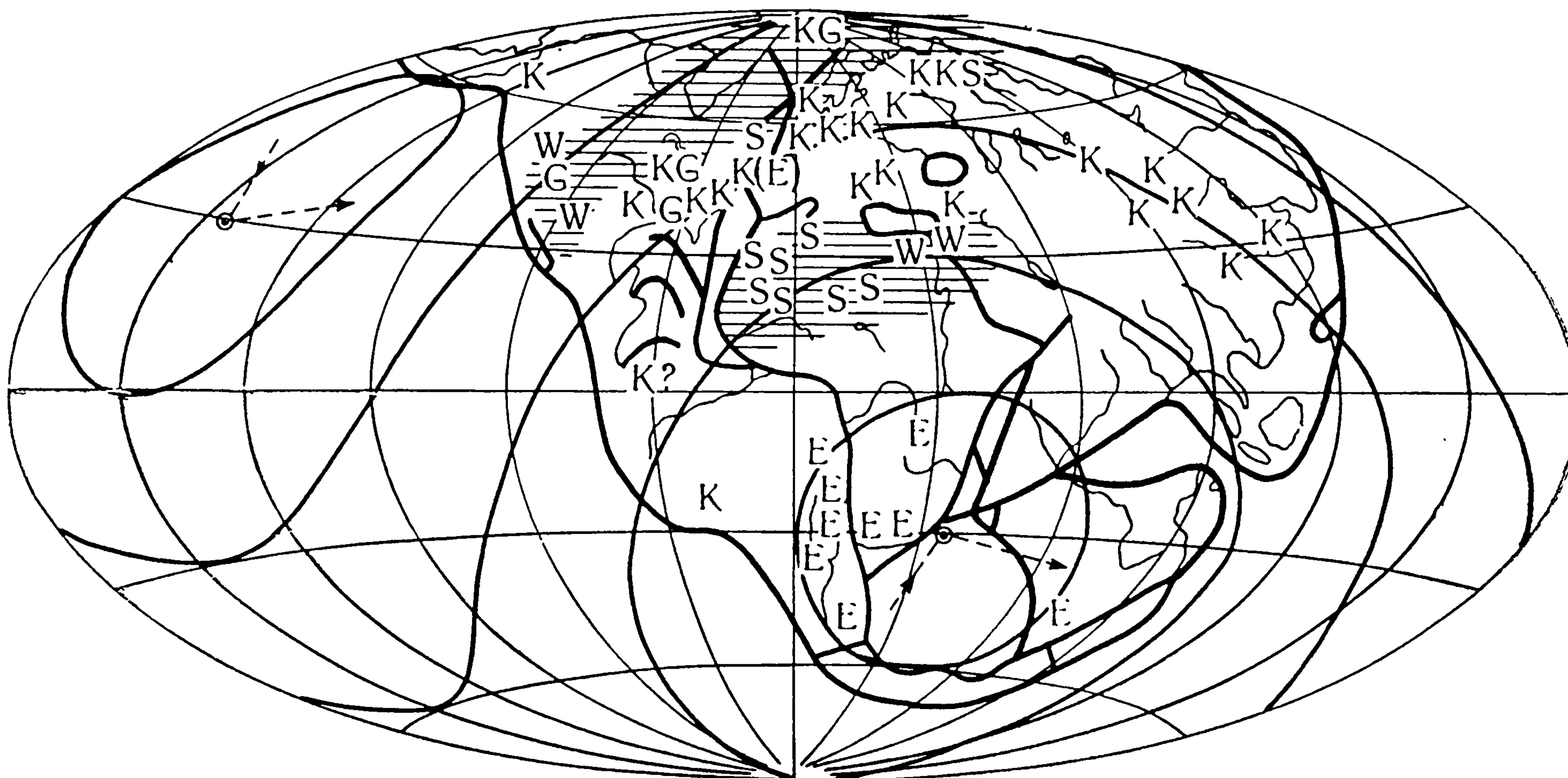


Рис. 35. Оледенения, болота и пустыни в карбоне.

E — следы оледенения; *K* — уголь; *S* — соль; *G* — гипс; *W* — песчаники пустынь; *заштрихованы* аридные климатические зоны (по Кёппену и Вегенеру).

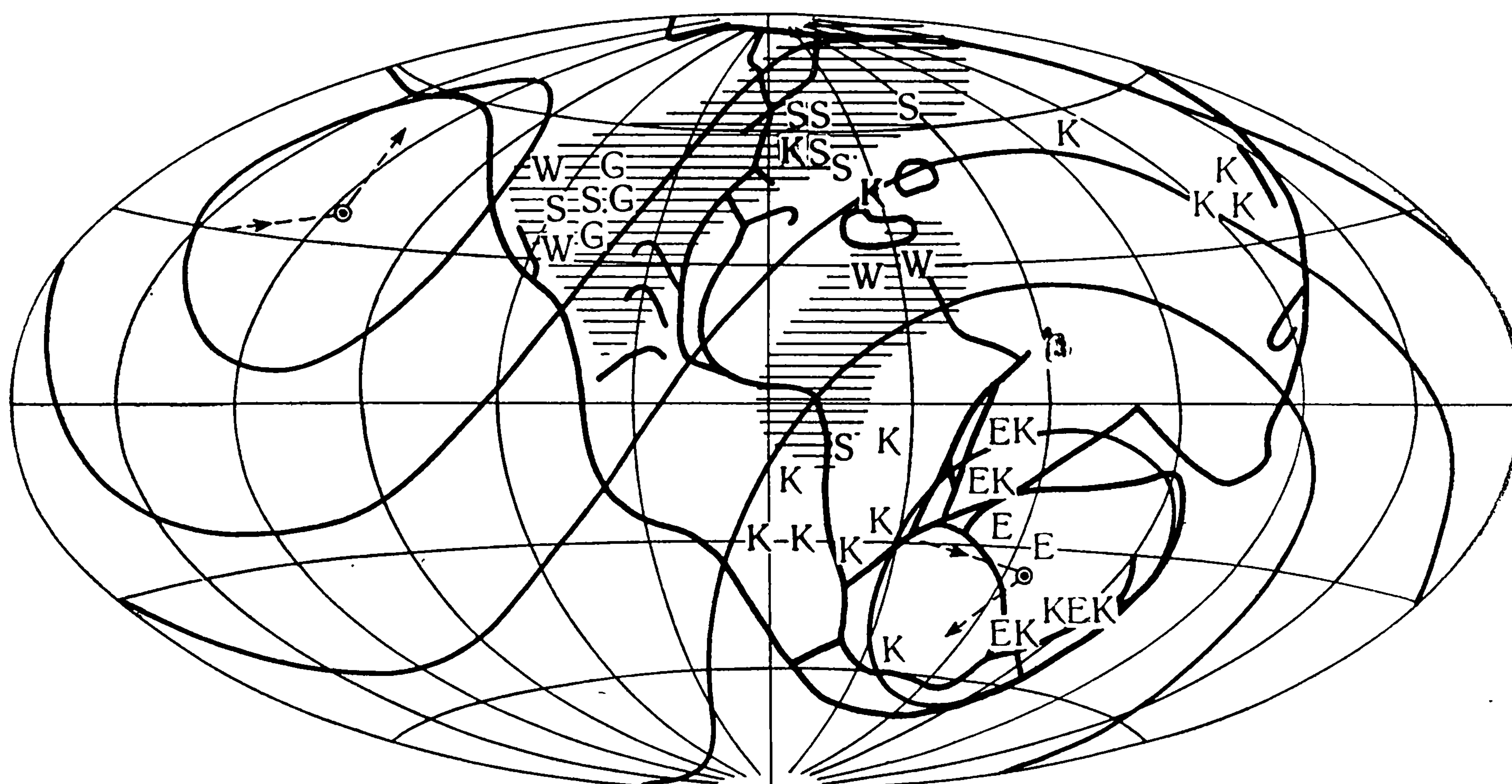


Рис. 36. Оледенения, болота и пустыни в перми.

E — следы оледенения; *K* — уголь; *S* — соль; *G* — гипс; *W* — песчаники пустынь; *заштрихованы* аридные климатические зоны (по Кёппену и Вегенеру).

менные европейские угленосные области карбона лежат точно в 80° к северу от детально изученных, достоверных следов материкового льда этого же периода в Южной Африке, где мы находим подтверждение того, что снеговая граница, подобная той, какая теперь существует только в Антарктике, достигала уровня моря. С учетом смещения, произошедшего в альпийском цикле горообразования, это расстояние в третичном периоде было, вероятно, в карбоне на 10—15° больше, чем сейчас. Однако положение Европы по отношению к Южной Африке не претерпело существенных изменений. Поэтому не может быть ни малейшего сомнения в том, что европейские угли каменноугольного периода во время образования были удалены как раз на четверть земной окружности от центра обширной области материкового оледенения, независимо от того, какие гипотезы строятся о положении других континентов в то время. На расстоянии 90° от полюса можно находиться, несомненно, только на экваторе.

Шпицберген расположен на Европейском континентальном блоке и, следовательно, в карбоне должен был иметь такое же положение по отношению к Европе, как теперь. Его мощные карбоновые залежи гипса свидетельствуют о субтропическом аридном климате и показывают, что северная зона субтропического климата лежала в то время еще на 30° севернее европейских угленосных отложений. В соответствии со сказанным неизбежен вывод, что европейские карбоновые угли образовались в экваториальной дождливой зоне. Такой вывод можно сделать, даже не опираясь на теорию дрейфа.

Это доказательство настолько неопровержимо, что рядом с ним все другие критерии должны отступить на задний план. Конечно, все же справедлив вопрос, совпадает ли с этим результатом характер остатков растений, встречающихся в европейских угленосных отложениях каменноугольного периода и в смежных с ними слоях. По заключению лучшего знатока карбоновой флоры А. Потонье, это действительно так. Его исследование по этому вопросу [169] до сих пор является наилучшим и самым подробным; в нем исключительно на основе ботанических данных ученый приходит к заключению, что европейские угленосные отложения карбона являются ископаемыми торфяными болотами типа тропических болот на низменных равнинах.

Основания, которые Потонье приводит для своей концепции, конечно, не побуждают к строго однозначному выводу, ибо очень трудно определить характер климата по такой древней флоре. Эту неопределенность особенно подчеркивали его противники, которых немало среди современных палеоботаников. Однако примечательно, что последние, насколько мне известно, не в состоянии опровергнуть доводы Потонье тем, что они нашли для приводимых им характерных черт флоры более вероятное, другое толкование климата, или тем, что они могут назвать другие характерные черты этой флоры, указывающие при этом на иной климат. Приводимые противниками Потонье возражения всегда носят скорее общий характер. Именно по этой причине, поскольку ботанические доказательства Потонье, видимо, все еще совершенно неоспоримы, интересно познакомиться с ними. Он приводит главным образом шесть характерных признаков, указывающих на тропический генезис флоры.

1. Насколько можно судить по органам размножения ископаемых папоротников, обнаруживается их родство с семействами, распространенными в настоящее время в тропиках. Между прочим, достойно упоминания родство многих карбоновых папоротников с современными маратиевыми.

2. В карбоновой флоре в основном преобладают древовидные папоротники и вьющиеся или лианоподобные папоротники. Древовидные формы преобладают также в группах, которые в настоящее время большей частью являются травянистыми.

3. Многие карбоновые папоротники, например древовидный папоротник *Pecopteris*, имеют афлебии, т. е. неравномерно рассеченные перья в месте прикрепления боковых стержней, сильно отличающиеся от правильного перистого расчленения остальной части листа (вайи). Они оказываются полностью сформированными, в то время как нормальные перья еще свернуты. Такие афлебии наблюдаются сейчас только у тропических папоротников.

4. Значительное число карбоновых папоротников имело такие большие вайи, какие встречаются только в тропиках. Бывают листья площадью в несколько квадратных метров.

5. Зоны прироста (годичные кольца) полностью отсутствуют в стволах европейских деревьев каменноугольного периода. Таким образом, рост, вероятно, не прерывался ни периодическими засухами, ни периодическими похолоданиями. Мы можем теперь добавить: напротив, на Фолклендских островах и в Австралии, расположенных, как показывают рис. 35 и 36, в высоких южных широтах, были найдены пермокарбоновые деревья с отчетливыми годичными кольцами.

6. Каулифлория установлена как у «каламитовых, так и у лепидофитов, а среди последних именно у некоторых лепидодендроновых (относящихся к „роду“ *Ulodendron*, выделенному исключительно на основе тех больших рубцов на стволе, которые соответствуют местам прикрепления стробилов) и у сигилляриевых... Распространение деревьев, цветки которых прорываются сбоку через прежнюю древесину (стволов и ветвей), в настоящее время почти целиком ограничено тропическими дождевыми лесами... Возможно, это интенсивная борьба за свет, обусловленная густым, тропическим растительным покровом, которая выражается в том, что светолюбивая листва часто занимает исключительно верхушки побегов, в то время как органы размножения встречаются на тех частях растений, которые менее доступны свету, где они во всяком случае никоим образом не препятствуют эффективной жизнедеятельности листвы».

Хотя эти ботанические выводы считают, как отмечалось, ненадежными, можно определенно утверждать: такая флора не могла существовать в районах ни с холодным, полярным климатом, ни с умеренным климатом, который теперь господствует в местах ее произрастания; речь может идти только о тропическом или субтропическом климате. Во-вторых, все признаки отлично подходят к нашему, найденному другим, более надежным путем выводу о возникновении этих угленосных отложений в экваториальной зоне ливневых дождей.

Противники Потонье придерживаются большей частью точки зрения, что речь идет не о тропическом, а о субтропическом климате. Для обоснова-

ния этого раньше утверждали (я не знаю, утверждает ли это теперь еще кто-нибудь), что в нынешней экваториальной зоне ливневых дождей якобы не существовало торфяных болот и не могло существовать, поскольку торф будто бы не образуется выше некоторой температуры из-за более быстрого разложения растительных остатков в таком жарком климате. Эти соображения можно проще всего опровергнуть тем, что в последнее время почти повсюду в современной экваториальной зоне ливневых дождей были найдены торфяные болота, в частности на Суматре, Цейлоне, у озера Танганьика и в Британской Гвиане. Много других, еще неизвестных болот находится, вероятно, в болотистых областях Конго и Амазонки. Их существование весьма вероятно, судя по чайному цвету «черных вод» многих рек в этих районах. Таким образом, в данном возражении речь идет не о чем другом, как о заблуждении, вызванном недоступностью тропических болот и обусловленном этим их недостаточным знанием. Разумеется, на экваторе каменноугольного периода образованию торфяных болот особенно благоприятствовали происходящие одновременно перемещения земной поверхности во время интенсивной карбоновой складчатости, вследствие которых нарушался естественный сток воды и на весьма обширных пространствах создавались болота.

В качестве другого довода, подтверждающего наличие субтропического климата, приводился тот факт, что древовидные папоротники, которые часто попадаются в углях карбона, теперь реже встречаются в тропиках, чем в субтропиках, причем на увлажненных склонах гор. Но, с одной стороны, это не убедительный довод, ибо в действительности древовидные папоротники сейчас встречаются, хотя относительно редко, но также и в торфяных болотах экваториальной зоны ливневых дождей. Возможно, здесь их отчасти вытеснили лучше приспособившиеся новые формы, которых еще не было в каменноугольное время и которые не могли поэтому конкурировать с ними. Кроме того, сравнение с современными субтропиками плохо подходит постольку, поскольку они засушливы, за исключением областей мусонных дождей на восточных краях континентов, так что столь протяженный пояс болот, какой соответствует главным областям карбонового угленакопления, если учитывать климатические реконструкции, не мог разместиться в субтропиках. Угленосные пояса могут соответствовать только экваториальному или умеренно холодному климату. В последнем, однако, произрастание древовидного папоротника исключено.

Если, наконец, некоторые авторы сомневаются в объяснении Потонье по той причине, что он якобы ошибся [5] также при климатическом истолковании третичных бурых углей, то мы, видимо, вправе не принимать

[5] Не вмешиваясь в спор палеоботаников, я хотел бы воспользоваться случаем и указать на то, что Средняя Европа по совокупности данных о климате находилась в раннетретичную эпоху несомненно еще в экваториальной зоне дождей, в среднетретичную эпоху — в субтропическом (частично засушливом) климате и позднетретичную эпоху — примерно в условиях современного климата. Третичные угли Средней Европы, следовательно, должны были формироваться в зависимости от их возраста в резко различном климате. Здесь следует учесть также, что климат можно определить гораздо надежнее по совокупности ископаемых показателей климата Европы того времени, чем посредством группы показателей, которые предоставляет угольная флора.

этого во внимание, ибо вывод, что тот, кто однажды ошибся, должен поэтому ошибаться всегда, наверняка еще менее надежен, чем доказательства Потонье о тропической природе европейских карбоновых углей.

Весь этот спор о тропической или субтропической природе углей ведется по причинам, не носящим принципиального характера. Этому не следует удивляться, имея в виду такую древнюю флору. Однако я повторяю, что расположение этих углей на расстоянии четверти земной окружности от центра несомненно полярной области материкового оледенения является совершенно убедительным доказательством их образования в экваториальном дождливом климате и, как подчеркивалось, совершенно не зависит от проблемы перемещения континентов.

Теория дрейфа только дополняет это доказательство, присоединив внеевропейские звенья рассматриваемого большого угленосного пояса, современное расположение которого без учета континентального дрейфа приводит к противоречиям.

Идентичность флоры и тем самым климатических условий формирования угленосных отложений карбона в Северной Америке, Европе, Малой Азии и Китае ныне признается всеми. Поскольку европейские звенья этого пояса должны были непременно возникнуть в экваториальной гумидной зоне, то необходимо это считать обязательным и для других звеньев. Их современное положение служит прямым доказательством теории дрейфа, ибо оно сейчас не требует, чтобы все эти места угленакопления были расположены на одном большом круге. Для пояснения мы даем на рис. 37 нарисованную Крейхгауэром [5] карту Земли для карбона с предполагаемым им экватором. Мы видим здесь картину, к которой можно было бы прийти без теории дрейфа: для Европы, Африки и Азии она приблизительно совпадает с нашей, но экватор на ней проходит не через восток Соединеных Штатов, где он должен бы быть согласно данным о климате, а через Южную Америку, где он не мог находиться, так как в этом месте, на расстоянии около 10°, было распространено внутриматериковое оледенение. Естественно, снова резко бросается в глаза несовместимость положения Индостана и Австралии с их следами материкового льда.

Большая мощность угольных пластов в главном угольном поясе карбона, которая делает его таким для нас ценным, отлично согласуется с его образованием в экваториальной зоне ливневых дождей. Значительно менее мощными являются угольные пласты, образовавшиеся на южных континентах в пермском периоде всюду на основных моренах растаявшего внутриматерикового льда (ср. рис. 36). Соответствующая флора, названная глоссоптерисовой по травянистому папоротнику *Glossopteris*, была характерна для прохладного климата. Речь идет о болотах южной субполярной гумидной зоны (зоны дождей) совершенно такого же происхождения, что и зона четвертичных и послечетвертичных торфяных болот Северной Европы и Северной Америки. Эти угленосные формации и глоссоптерисовая флора также требуют объединения областей, которые теперь занимают пространство, гораздо более обширное, чем существовавшая в то время климатическая зона, в которой они могли развиваться.

Другие показатели климата карбона и перми также подтверждают результаты, представленные на рис. 35 и 36, причем зональность их рас-

Рис. 37. Положение экватора и областей складчатости в карбоне (по Крейхгауэру).

пределения подтверждается только тогда, когда расположение континентов принимается согласно теории дрейфа.

Рассматривая оба субтропических климатических пояса, включающих аридные области, особенно хорошо можно проследить северный пояс в карбоне и перми. При этом наблюдается не только его существование, но также и его перемещение на юг в пермском периоде, вследствие чего экваториальная гумидная зона (зона ливневых дождей) была вытеснена из Северной Америки и Европы и сменилась аридной. В карбоне на Шпицбергене и в западной части Северной Америки в больших количествах отлагался гипс (см. *G* на рис. 35), а встречаемые в последней из указанных областей мощные красноцветные отложения пермокарбона повсюду свидетельствуют о климате пустынь. Экваториальная гумидная зона охватывала только восточную часть Северной Америки, но в пермском периоде уже вся Северная Америка и Европа были в зоне пустынь. В позднем карбоне на Ньюфаундленде над последними угольными пластами уже появляется соль (см. *S* на рис. 35 и 36), а в пермском периоде большие месторождения гипса образуются в Айове, Техасе и Канзасе, в последнем штате — также месторождения соли. В то же время в Европе, через которую в карбоне проходила экваториальная зона ливневых дождей, в пермском периоде образовались крупные залежи соли в Германии, Южных Альпах, Южной и Восточной России. Только в одной Германии Арльдт [11] указывает девять пермских соляных месторождений, среди них известное месторождение Штассфурт. Это передвижение климатических зон Европы на юг и их одновременное перемещение на юго-восток в Северной Америке, вместе с перемещением областей внутриматерикового оледенения из Южной Африки в Австралию доказывают некоторое, хотя и умеренное, перемещение полюсов с каменноугольного по пермское время.

Насколько позволяют судить существующие наблюдения, южная аридная зона каменноугольного периода оставила следы главным образом в районе Сахары, где образовались многочисленные крупные соляные месторождения, и в Египте, где отлагались песчаники пустынь. Эти отложения изучены далеко не так детально, как в Европе, особенно в отношении определения времени их формирования.

Наконец, в картину климатических зон без труда вписываются также коралловые рифы каменноугольного возраста Европы (от Ирландии до Испании) и Северной Америки (от озера Мичиган до Мексиканского залива), а также пермские рифообразующие рихтгофениды в Альпах, на Сицилии и в Восточной Азии.

Из вышеизложенного видно, что не только следы пермокарбонового оледенения, но также и ископаемые данные о климате в своей совокупности укладываются по теории дрейфа материков в систему, которая полностью соответствует современной климатической системе, если передвинуть Южный полюс в район Южной Африки. При современном расположении континентов, напротив, свести их в понятную климатическую систему вообще невозможно. Благодаря этому подобные наблюдения становятся одним из самых веских доказательств правильности теории дрейфа материков.

Палеоклиматические доказательства теории дрейфа были бы, однако, неполными, если бы они были применимы только для карбона и перми и непригодны для последующих периодов. (Для предшествующих периодов их еще пока нельзя применить, потому что для них в настоящее время еще отсутствует картографическая основа). Однако это вовсе не так. В написанной мной совместно с Кёппеном книге [151] рассматриваются по порядку все последующие геологические эпохи таким же образом, как здесь, вкратце, рассматривались карбон и пермь. Ограниченность места не позволяет нам повторить эти рассуждения, и мы поэтому вынуждены отсылать читателя к нашей книге. Результат оказывался постоянно один и тот же: при использовании в качестве картографической основы реконструкции, выполненной на основе теории дрейфа материков, показатели климата всегда располагаются в системе, принципиально одинаковой с современной. В то же время, если исходить из сегодняшего положения континентов, в них появляются противоречия. Чем ближе мы подходим к современности, тем меньше, естественно, этих противоречий, потому что положение континентов все больше приближается к существующему в настоящее время, и тем слабее поэтому становится доказательная сила таких свидетельств для подтверждения теории дрейфа материков.

Впрочем, следует заметить, что при истолковании доисторических климатов, особенно в более поздние эпохи, важнейшую роль играет миграция полюсов. Миграция полюсов и дрейф континентов, дополняя друг друга, образуют упорядочивающий принцип, с применением которого имевшаяся до сих пор путаница разрозненных фактов, казалось бы, противоречащих друг другу, преобразуется в картину, снова поражающую своей простотой и полной аналогией с современной климатической системой, что необычайно убедительно. Но этим мы обязаны только теории дрейфа, ибо без нее теория перемещения полюсов смогла бы дать удовлетворительное решение в лучшем случае только для новейших эпох.

Глава восьмая

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ О ДРЕЙФЕ КОНТИНЕНТОВ И МИГРАЦИИ ПОЛЮСОВ

В современной литературе выражения «дрейф континентов» и «миграция полюсов» употребляются порою в довольно различном смысле, возникает неясность, как они соотносятся друг с другом; неясность можно устранить, лишь точно сформулировав эти определения. Это необходимо и для того, чтобы смысл, заложенный в эти слова, был ясен.

Все положения теории дрейфа основываются на относительном перемещении континентов, т. е. на смещении частей земной коры относительно произвольно выбранной ее части. В реконструкциях на рис. 4 (с. 29—31), в частности, даны перемещения континентов относительно Африки, так что Африка на всех картах реконструкции изображается в оди-

наковом положении. Выбор исходного континента пал на Африку потому, что она представляет собой ядро бывшей древней континентальной глыбы. Если ограничиться исследованием одной части земной поверхности, то, естественно, систему отсчета следует перенести на более узкую область этой части и затем изображать эту отсчетную область в неизменном положении. Выбор такой области сделан из соображений целесообразности. В результате недавно организованного наблюдения за изменением географических долгот позднее, возможно, перейдут к определению континентальных перемещений на всей Земле относительно Гринвичской обсерватории.

Чтобы избавиться от произвольного выбора системы отсчета, можно было бы определить уравновешенные континентальные перемещения, которые нужно было бы установить относительно всей земной поверхности вместо ее части. Такое определение практически связано с большими трудностями и пока не предполагается.

Важно представить себе полную произвольность того, что используемая нами система отсчета связана с Африкой. Если, например, Моленграфф [228] подчеркивает, что Средне-Атлантический вал свидетельствует о движении Африки от него на восток, то я не могу в этом признать противоречия с теорией дрейфа. Относительно Африки двигались Америка и Средне-Атлантический вал на запад, в частности, первая примерно вдвое быстрее последнего; относительно Средне-Атлантического вала Америка двигалась на запад, а Африка примерно с такой же скоростью — на восток; относительно Америки как Средне-Атлантический вал, так и Африка двигались на восток, последняя вдвое быстрее первого. При относительности движения все три высказывания идентичны. Но если мы выберем Африку в качестве системы отсчета, то, согласно определению, мы не сможем установить движения этого континента. Мы уже говорили о том, что этот выбор был бы наиболее целесообразным, если связать систему отсчета не с отдельной частью Земли, а со всей земной поверхностью.

Определяемые таким образом континентальные перемещения еще не содержат никаких выводов об изменении долготы в позиции полюса или субстрата. Я считаю важным отделить эти понятия от понятия континентального дрейфа.

Миграция полюсов — геологическое понятие. Поскольку геологу доступна только верхняя часть земной коры и о прежнем положении полюсов можно судить только с помощью ископаемых свидетельств климата на поверхности Земли, то мы вынуждены считать смещение полюсов поверхностным явлением, т. е. вращением системы параллелей относительно всей земной поверхности или, что также, вследствие относительности всего движения, дает тот же результат, — вращением всей земной поверхности относительно системы параллелей. Чтобы реально проявиться, это вращение, естественно, должно происходить вокруг оси, которая отклоняется от оси вращения Земли. Вопрос о том, как ведет себя при этом внутренность Земли: покоится ли она относительно системы параллелей или относительно земной поверхности, или, что также возможно, вращается относительно обеих, совершенно не затрагивается при этом определении. А это необходимо для внесения ясности. Поверхностные

смещения полюсов в этом смысле могут быть доказаны для древних периодов только лишь ископаемыми показателями климата. Геофизика о наличии или возможности таких смещений судить не может.

Установление миграции полюсов по этому определению, однако, связано с трудностями вследствие одновременного проявления континентальных перемещений. Не будь континентальных перемещений, можно было бы непосредственно сравнивать друг с другом положения полюсов, найденные по ископаемым показателям климата, и легко определять направление и величину миграции полюса. Но если в промежутке между двумя рассматриваемыми моментами времени перемещения континентов имели место, то мы на основе климатических показателей можем найти для обоих моментов времени положение полюсов на обеих картах Земли, реконструированных с учетом континентального дрейфа. Но тут возникает своеобразное затруднение, потому что мы не знаем, каким принять для момента 2 «неизменное», т. е. совпадающее с моментом 1, положение полюса, от которого нужно было бы вычислять величину и направление смещения.

Можно было бы поступить, например, следующим образом: если представить себе градусную сетку к моменту 1 прочно зафиксированной на тогдашней поверхности Земли, то к моменту 2 она окажется деформированной вследствие перемещения континентов. Если мы теперь отыщем такую недеформированную градусную сетку, которая как можно ближе сходится с деформированной,[1] то ее полюса будут «непереместившимися» для момента 2, а их сравнение с подлинным положением полюса, выведенным по ископаемым показателям климата для момента 2, дает величину смещения полюсов между эпохами 1 и 2.

Это было бы абсолютное поверхностное смещение полюсов. Из-за указанного затруднения еще не сделана попытка определения этого смещения; все исследователи всегда ограничивались указанием относительного поверхностного смещения полюсов, т. е. определением позиции полюсов относительно произвольно выбранного континента. Кёппен и автор [151] использовали для этого снова Африку и, следовательно, описали смещение полюсов относительно Африки. Если же выбрать в качестве исходного другой континент, то, конечно, смещение полюсов будет совсем другим. Если бы смещения континентов не происходило, то при любом выборе можно было бы найти то же самое, а именно абсолютное смещение полюсов. Насколько различным получается относительное смещение полюсов вследствие дрейфа континентов в зависимости от выбора отсчетного континента, показывает рис. 38, который изображает одно и то же смещение полюсов с мелового периода вначале относительно Африки, затем относительно Южной Америки.

Современное смещение полюсов, как можно заключить по данным Международной службы наблюдения географических широт, может относиться только к земной поверхности. Это веха в ходе развития наших знаний относительно движения полюсов Земли. Недавно удалось установить продолжающееся и ныне смещение полюсов, тогда как раньше мы

---

[1] Останавливаться здесь на соответствующих математических предпосылках нет необходимости.

могли лишь констатировать их периодические колебания относительно неизменного среднего положения. В 1915 г. Ванах впервые установил перемещение среднего положения полюса, но вследствие очень малой тогда еще величины этого перемещения не мог считать свой результат достоверным.[2]

Первое численно несомненное доказательство привел Ламберт в 1922 г., а недавно новый вывод о смещении полюсов сделал Ванах [208] на основе наблюдений Международной службы широт, проведенных с 1900.0 по 1925.9. На рис. 39 мы приводим один из чертежей Ванаха, который

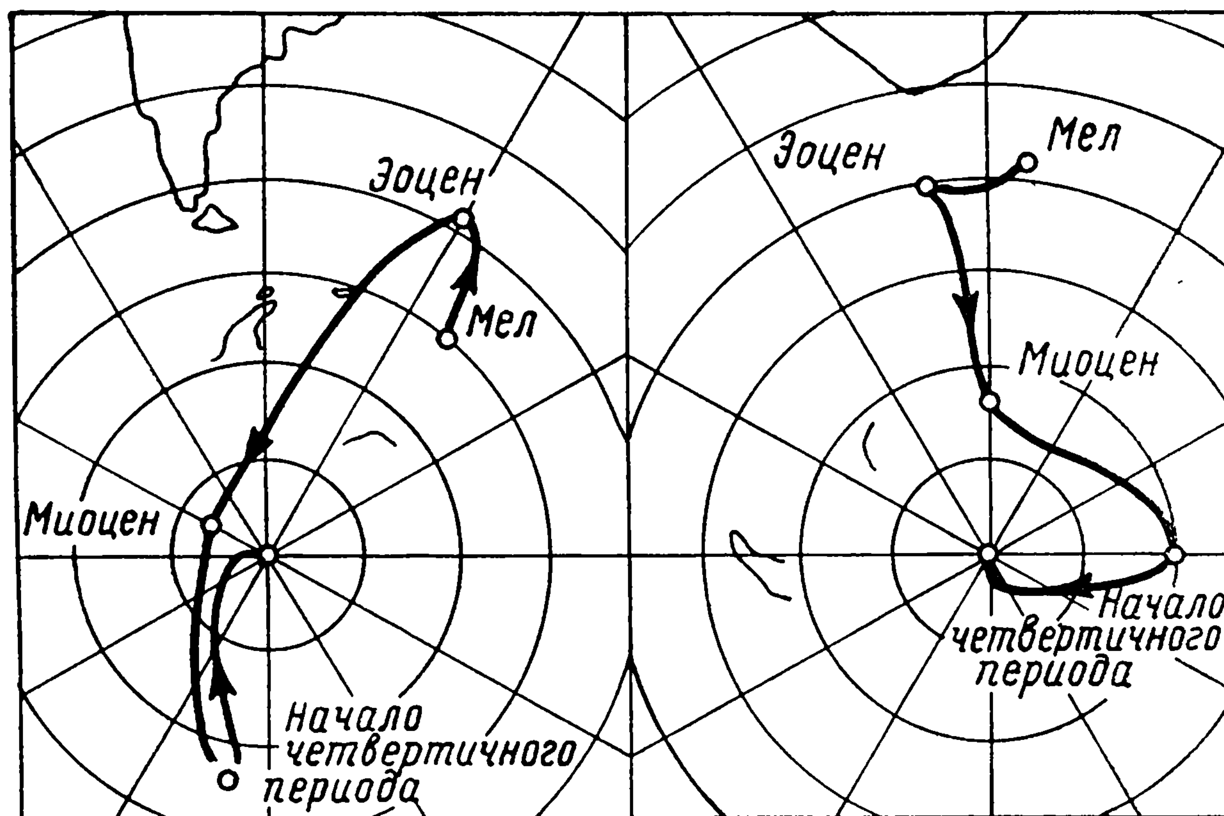


Рис. 38. Перемещение Южного полюса с мелового периода.

Слева — относительно Южной Америки, *справа* — относительно Африки.

хорошо отражает количественную картину. Общее перемещение полюсов, как известно, состоит из кругообразного, то с большим, то с меньшим радиусом, движения полюса вращения вокруг полюса инерции. Чтобы сделать рисунок наглядным, Ванах изобразил из всех перемещений полюса только три фрагмента, а именно — с самым малым радиусом в период с 1900.9 до 1901.2, затем с очень большим радиусом в период с 1909.9 до 1911.1 и снова с малым радиусом в период с 1924.7 до 1925.9. Полюс инерции Земли, который всегда лежит в центре этого кругообразного движения и вычисляется посредством уравнений, сместился за 1900—1925 гг. вдоль короткой наклонной линии, изображенной в центре чертежа. Его годовое движение (современное смещение полюсов за год) составляет 14±2 см, или 140 км (1.3°) за миллион лет. Эта величина больше, чем скорость смещения полюсов в течение мезозоя, выведенная по геологическим данным, но меньше, чем в третичном периоде. При постоянной скорости и направлении движения Северный полюс за 23 млн. лет достиг бы южной оконечности Гренландии.

---

[2] Уже в 1912 г. в Сообщениях Петерманна (с. 309) я указывал на то, что зрительно можно определить систематическое перемещение центра кривых, описываемых полюсом, поскольку глаза крайне чувствительны к симметричным формам.

Это современное смещение полюсов теоретически соответствует не смещению полюсов по отношению к отдельному континенту, а скорее, хотя и не полностью, абсолютному смещению полюсов, отнесенному ко всей земной поверхности, поскольку обсерватории Службы широт распределены по всей Земле. Все же следует учесть, что для получения абсолютного смещения полюсов были бы необходимы точные измерения высоты полюса (наклонения) со всех точек земной поверхности, а Международная служба широт может дать нам лишь приближенные значения абсолютных смещений полюсов. Они могли бы быть точными лишь в том случае, если бы станции Службы широт не изменяли бы своего взаим-

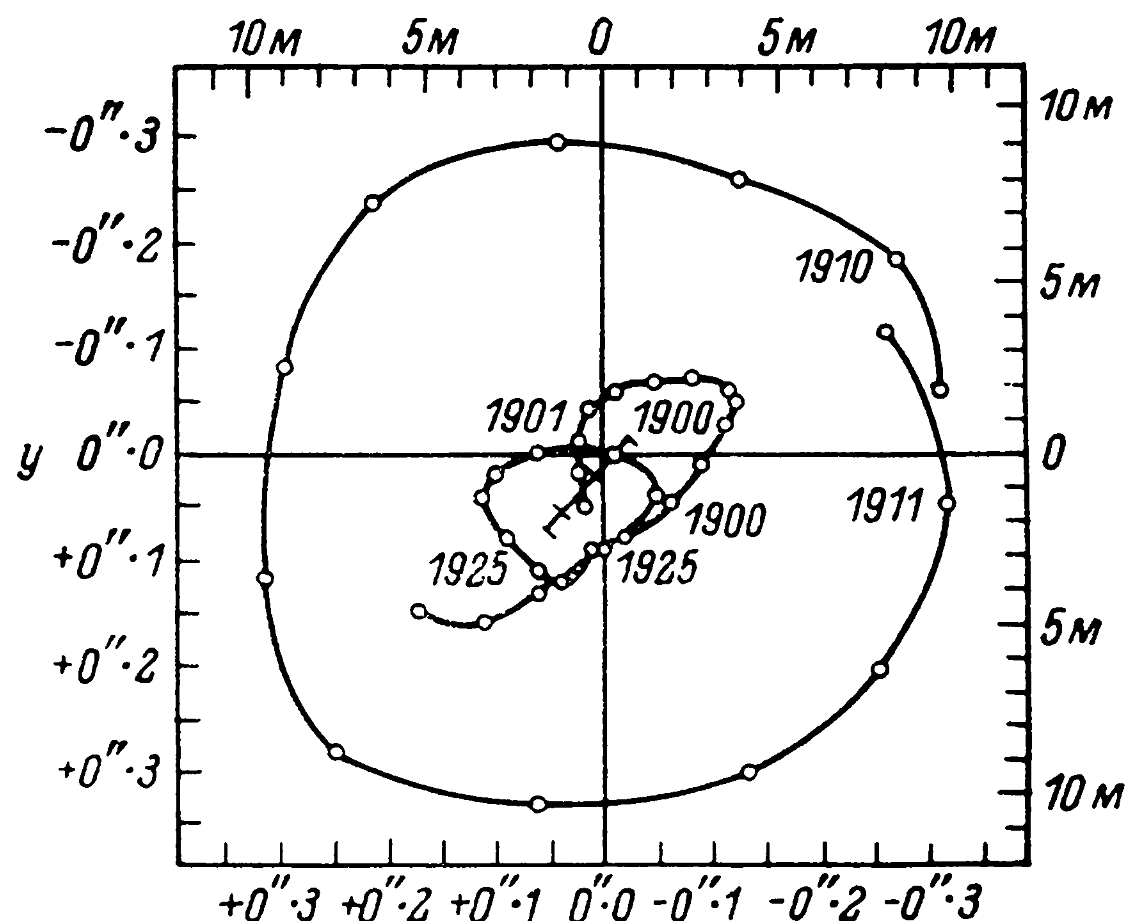


Рис. 39. Перемещение полюса с 1900 по 1925 г., а также отдельно выбранные отрезки суммарного перемещения полюса (по Ванаху).

ного расположения вследствие дрейфа континентов. Однако что это происходит в действительности, подтверждается, видимо, выдвинутым Шуманном [220] соображением, что при определении вышеуказанного движения полюса выявляются остаточные ошибки, которые вследствие их систематического характера нельзя рассматривать как ошибки наблюдения, однако и происхождение их на первый взгляд не ясно.

По моему мнению, указанные смещения полюсов очень важно рассматривать как поверхностные и, таким образом, отделять вопрос об установлении реальности их существования от спорного вопроса о том, возникли ли они благодаря перемещению коры по ее субстрату или являются следствием внутреннего смещения осей. В существующей современной литературе этого не делается, и в результате возникает неясность и путаница. До сих пор перемещение полюсов геологи доказывали эмпирически (геодезисты смещение полюсов выводили из определения широт), некоторые геофизики оспаривают возможность его существования по теоретическим причинам, а третья группа специалистов выдвигает компромиссное предложение: рассматривать его не как результат перемещения внутренней оси, а лишь как итог вращения коры над ее суб-

стратом. Чтобы ликвидировать эту неясность, необходимо более строго формулировать понятия, и первый шаг к этому — считать смещения полюсов поверхностными. Подобные поверхностные миграции полюсов установлены как для прошлых геологических периодов, так и для настоящего времени, и, следовательно, не имеет смысла обсуждать их вероятность.

Под перемещением и вращением коры следует понимать движения коры относительно ее субстрата. Слово «кора» является противоположностью внутренности Земли,* так что это определение вполне естественно. Мы имеем многообразные признаки такого перемещения коры над субстратом, но эти данные показывают только направления перемещений, но не их размеры.

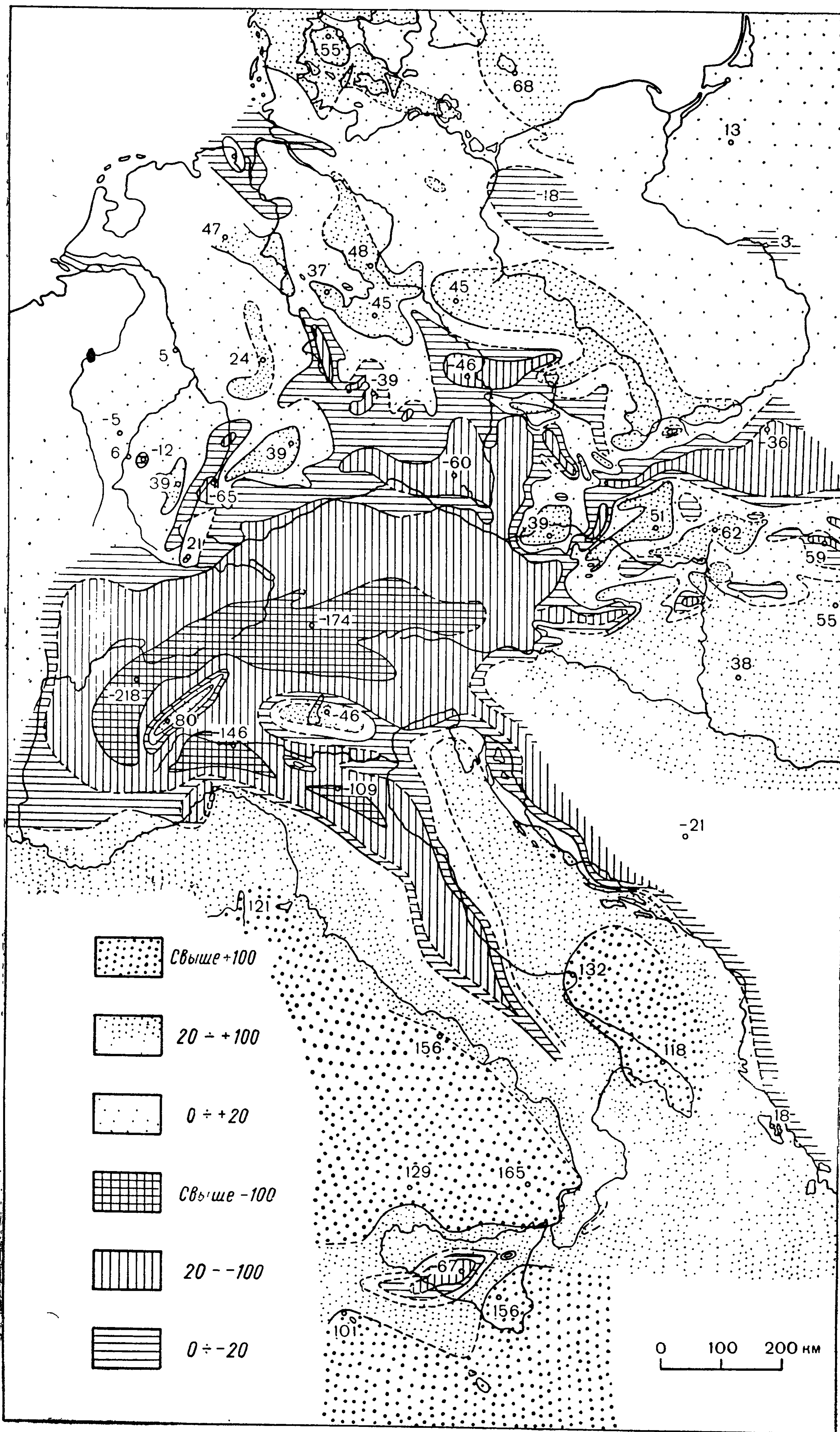
Прежде всего мы имеем многочисленные признаки общего вращения коры, которое направлено на запад, т. е. совершается вокруг оси, совпадающей с осью вращения. К этому следует добавить и то обстоятельство, что малые глыбы в своем движении отскакивают от больших глыб и занимают более восточное положение, как это наблюдается в краевых цепях Восточной Азии, на Вест-Индских островах, Южно-Антильской дуге между мысом Горн и Землей Грейама. Кроме того, имеет место поворот острых оконечностей континентов на восток, таких как шельфовые области Зондского архипелага и Флориды, южные оконечности Гренландии и Огненной Земли, северное окончание Земли Грейама, далее — отлом Цейлона, восточное перемещение Мадагаскара от Африки и Новой Зеландии от Австралии; следует упомянуть еще и сжатие Анд. Все эти явления вначале подпадают под понятие континентального дрейфа, но свидетельствуют о систематическом перемещении на запад континентальных глыб относительно близко расположенных симатических масс океанического дна и поэтому указывают на то, что континентальные глыбы, вероятно, также перемещаются на запад относительно лежащих под ними масс симы. Поскольку эти признаки можно проследить по всей Земле, они становятся свидетельством общего вращения коры в западном направлении. Такое представление находит широкое подтверждение в современной геофизике.

С другой стороны, некоторые явления свидетельствуют также о частичном перемещении коры, в частности по направлению к экватору. Это можно предполагать уже по теоретическим соображениям вследствие существования силы, смещающей континентальные глыбы от полюсов к экватору. Громадная третичная складчатая система от Атласа до Гималаев свидетельствует о сжатии в направлении тогдашнего экватора, которое могло произойти только вследствие перемещения коры над субстратом.

Все это косвенные признаки. Более непосредственное свидетельство перемещения коры над субстратом дает распределение силы тяжести. На этом следует остановиться подробнее.

На рис. 40 мы воспроизводим карту гравитационных аномалий в Центральной Европе, составленную Коссматом [38]. Действительно, наблюдаемые значения силы тяжести, как обычно, редуцированы таким образом, словно весь рельеф Земли сглажен до уровня моря и измерения как бы

* Имеются в виду глубокие недра Земли, охватывающие ядро и мантию. — *Примеч. пер.*


Свыше +100
20 ÷ +100
0 ÷ +20
Свыше -100
20 - -100
0 ÷ -20
0 100 200 км
55
68
13
-18
-3
47
48
37
45
45
5
24
-46
-39
-5
6
-12
39
-60
-36
39
-65
39
51
62
21
59
55
-174
38
-218
-80
-46
-146
-109
-21
121
132
156
118
18
129
165
-67
156
101

проводятся на этой отметке, т. е. кроме редуцирования на уровень моря из результата вычитается влияние континентальных масс, расположенных выше него. Редуцированное таким образом наблюденное значение сравнивалось затем с нормальным значением силы тяжести, присущим данной географической широте, и разность, т. е. гравитационная аномалия, изображалась на рисунке. Он наглядно демонстрирует нам дефицит масс под горами, благодаря которому последние компенсируются почти изостатически. Коссмат утверждает: «Здесь можно прийти к мнению, уже высказанному некоторыми геофизиками и Геймом, что дефицит возникает не вследствие уменьшения плотности масс (разрыхления) и что благодаря складчатости относительно легкие (менее плотные) верхние части земной коры чрезвычайно утолщались и погружались в пластичный субстрат. Складчатые горы росли не только в высоту, но благодаря своему весу также и в глубину: росту складок вверх, как подчеркивал Гейм, противостоит еще большее проникновение складчатого сооружения вниз». Поэтому на карте мы можем увидеть в некотором приближении топографию нижней стороны сиалической коры. Под Альпами, где аномалия силы тяжести достигает максимального отрицательного значения, подошва сиалической коры глубже всего погружена в симу. Но нас интересует в данном случае точное сравнение положения этих подземных складчатых масс относительно горных хребтов. Для этого мы просим читателя взять в руки атлас. При этом легко можно установить, что дефицит силы тяжести систематически смещается на северо-восток. Этот примечательный факт подтверждает, следовательно, что подземные складчатые массы в целом более или менее опрокинуты и смещены на северо-восток. Это с определенностью указывает на движение Европейской континентальной глыбы на юго-запад относительно лежащей под ней симы, при котором направленные вниз выступы, вдающиеся в симу, удерживаются трением. Если бы мы имели подобные карты гравитационных аномалий для всей Земли, то могли бы определить направление движений относительно расположенной внизу симы повсюду, где имеются недавно образовавшиеся утолщения глыб. Это, видимо, единственный прямой метод определения перемещения коры. В Европе оно происходит на юго-запад, следовательно, имеет западный компонент, который может соответствовать общему вращательному движению земной коры на запад, и южный компонент, соответствующий перемещению коры к экватору.

Теперь попытаемся ответить на вопрос; могут ли осуществляться поверхностные смещения полюсов вследствие перемещения коры над ее субстратом? При этом речь может идти, очевидно, лишь об общем вращательном перемещении коры, а именно вокруг оси, сильно отклоняющейся от оси вращения. Наблюдения указывают на общее вращение коры только на запад, следовательно, вокруг оси вращения, и, значит, позволяют считать, что общее вращение коры, которое происходило бы вокруг существенно иной оси, могло бы быть также обнаружено по конфигурации

Рис. 40. Карта гравитационных аномалий $g_0''-\gamma_0$ Центральной Европы, составленная Ф. Коссматом и Г. Лиснером.

Аномалии даны в миллигалах — тысячных долях абсолютной единицы ускорения, см/с² (по Боррасу, 1909 и 1912 гг.).

поверхности Земли. Однако наблюдения не подтверждают правильности этого решения. А как обстоит дело с теорией? В какой степени частичное перемещение коры, направленное к экватору, и общее перемещение коры на запад, т. е. оба эмпирически обоснованных движения, подтверждаются теоретически, как результат «полюсобежной силы», смещающей материки от полюсов к экватору, и силы, связанной с приливными деформациями и с прецессией. Для предположения о вращении коры около оси, резко отклоняющейся от оси вращения, явно невозможно найти какое-либо приемлемое теоретическое объяснение. Благожелательное компромиссное решение некоторых авторов объяснять смещение полюсов общим вращением коры не имеет никакой поддержки ни с эмпирической, ни с теоретической стороны, но если это решение непригодно, то для объяснения поверхностного смещения полюсов остается только внутреннее смещение осей.

Говоря о смещении осей, прежде всего нужно подумать о перемещении оси внутри среды, окружающей ее по всей длине. Поэтому мы будем применять данное выражение только в этом смысле. Необходимо различать внутреннее перемещение осей в теле Земли и астрономическое перемещение осей относительно мирового пространства. Сначала поговорим о первом.

Как будет показано ниже, к вопросу о том, происходит ли поверхностное смещение полюсов благодаря внутреннему перемещению осей, можно подойти как с теоретической, так и с эмпирической стороны. Что касается теоретической стороны, то ряд авторов определенно утверждают, что внутренние перемещения осей в требуемых пределах невозможны; чтобы это подтвердить, Ламберт и Швейдер рассчитали, например, что даже перемещение Азии на 45° широты вызвало бы смещение инерционной оси Земли только на 1—2°. Само собой разумеется, что утверждения и расчеты таких видных геофизиков производят большое впечатление на геологов, которые не в состоянии проверить предпосылки этих расчетов и дать им оценку. Таким образом, подобные утверждения привели к нетерпимой путанице, ликвидация которой, как мне кажется, является настоятельной необходимостью для геофизиков-теоретиков.

Уже настораживают заключения таких выдающихся теоретиков, как лорд Кельвин, Рудзкий, Скиапарелли. Лорд Кельвин пишет в [212]: «Мы можем не только допускать, но и считать в высшей степени вероятным, что наибольшая ось инерции и ось вращения, всегда находившиеся близко друг к другу, в древние времена могли быть значительно удалены от их современного географического положения и что они постепенно могли переместиться на 10, 20, 30, 40 или больше градусов без того, чтобы когда-либо произошло внезапное возмущение поверхности вод или суши». Совершенно в том же смысле пишет Рудзкий [15]: «В случае, если бы палеонтологи пришли к убеждению, что распределение климатических зон в одну из прошлых геологических эпох указывает на позицию оси вращения, совершенно отличную от теперешней, геофизикам ничего не оставалось бы как принять это положение».

Несколько подробнее рассмотрел этот вопрос Скиапарелли [211] в одной малоизвестной работе. В. Кёппен привел выдержку из его рассуждений [200]. При этом он рассматривает три случая: вполне твердой Земли,

совершенно жидкой (текучей) Земли и Земли, которая до известного предельного значения сил ведет себя как твердая, но при превышении этого значения становится текучей. Во втором и третьем случаях он считает возможным неограниченное перемещение осей.

Но как же случилось, что другие авторы пришли к категорическому отрицанию возможности внутреннего перемещения осей? Простой ответ на это гласит: потому что они выдвигают неправильную предпосылку, что при этих процесах экваториальное утолщение Земли сохраняет неизменным свое положение! Все отрицания внутреннего перемещения осей исходят из этой не только необоснованной, но даже и недопустимой предпосылки.

Если мы воспользуемся этой неправильной предпосылкой, то и без вычислений станет ясно, что главная ось инерции Земли, а вместе с ней и ось вращения определены раз и навсегда. Радиус экватора Земли на 21 км длиннее полярного радиуса. Поэтому экваториальная масса утолщения огромна, расположена вокруг экватора и создает благодаря этому момент инерции, который гораздо больше моментов инерции, соответствующих экваториальным диаметрам Земли. Даже величайшие геологические события могут привести лишь к изменениям расположения масс, которые по сравнению с этим утолщением имеют совершенно незначительную величину. Если последнее остается неизменным, то и без вычисления видно, что главная ось инерции Земли может измениться лишь на минимальную величину, а ось вращения должна всегда находиться вблизи главной оси инерции Земли.

Однако я должен признаться, что мне трудно понять, как можно сегодня серьезно предполагать, что экваториальное утолщение должно сохранять свое положение неизменным, словно Земля абсолютно неподвижна. Проявление изостатических компенсационных движений и относительные перемещения континентов достаточно убедительно свидетельствуют о том, что Земля обладет конечной степенью текучести; если это так, то и экваториальное утолщение должно иметь возможность переориентироваться. Нам здесь достаточно лишь продолжить рассуждения Ламберта и Швейдара: предположим, что полюс, соответствующий оси инерции, переместился (без изменения утолщения) на небольшую величину вследствие геологических процессов. Полюс вращения должен последовать за ним. Тогда Земля будет вращаться вокруг оси, немного отклоняющейся от прежней. Следствием этого должна быть переориентация экваториального утолщения. Из-за вязкости внутренних слоев Земли эта переориентация происходит медленно, возможно также, что она не полностью заканчивается и задерживается перед завершающим моментом: об этом последнем мы ничего не знаем. В первом приближении мы несомненно должны предположить, что в конечном итоге достигается полная переориентация, пусть и через длительное время. Но если она достигнута, то мы снова будем иметь такое же состояние, как после наступления геологического события: геологическая причина снова действует и перемещает главную ось инерции на участок x в том же направлении и, таким образом, этот процесс повторяется последовательно как угодно долго. Вместо однократного перемещения на величину x мы получаем, таким образом, прогрессирующее перемещение, скорость которого

определяется, с одной стороны, величиной начального перемещения x, а с другой — вязкостью внутренних частей Земли; состояние покоя наступит не раньше, чем геологическая причина утратит свое действие; если, например, эта причина состоит в прибавлении массы m где-нибудь в средних широтах, то перемещение осей может прекратиться только тогда, когда такая дополнительная масса дойдет до экватора или, точнее говоря, когда экватор достигнет ее.

Конечно, проблема требует подробной математической разработки. Но, по моему мнению, вышеприведенного элементарного исследования достаточно, чтобы показать, что предположение о неизменяющемся экваториальном утолщении вносит фундаментальную ошибку, которая приводит к полному искажению существующей проблемы. По моему мнению, нет ни малейшего теоретического основания сомневаться в возможности и реальности очень больших, хотя и медленных, внутренних перемещений осей в течение геологического времени. Но было бы весьма желательно, чтобы проблема была в скором времени рассмотрена с теоретической стороны; правда, это будет не так просто, как при гипотезе о неподвижном, неизменяющемся утолщении.

Можно, однако, как уже говорилось, прийти эмпирическим путем к выводу о том, что поверхностная миграция полюсов происходит вследствие перемещения осей. Правда, пути, которые с этой целью выбираются, являются косвенными и поэтому мало надежными, но примечательным образом все они указывают на реальность внутренних перемещений осей.

Сначала следует напомнить об изображенном на рис. 40 перемещении коры Европы над ее субстратом в юго-западном направлении. Поскольку сиалические утолщения европейских горных цепей, смещенные на северо-восток, были вдавлены вниз главным образом в течение третичного периода, мы можем, пожалуй, предположить, что перемещение коры Европы в юго-западном направлении также происходило уже в начале третичного периода. Но в течение третичного периода географическая широта Европы увеличилась примерно на 40°, Северный полюс приблизился к Европе на эту величину, в то время как Европа одновременно передвинулась относительно субстрата к экватору! Это возможно, очевидно, лишь в том случае, если произошло внутреннее смещение осей, величина которого даже несколько превышала величину, вычисленную для поверхности Земли. Единственная возможность обойти этот вывод — предположить, что перемещение дефицита силы тяжести на северо-восток в Европе датируется только четвертичным периодом, а в третичный период дефицит массы систематически располагался юго-восточнее гор. Это, возможно, не совсем исключается, но представляется мне все же маловероятным.[3]

---

[3] Штауб пишет в своем большом труде о строении Альп [18] и почти также в [215]: «Европа и Африка двигались совместно на север. Европа убегала от Африки с пермского времени, но мощный колосс догнал, наконец, маленькую Европу в середине третичного периода и выдавил дно бывшего океана между Европой и Африкой в виде мощных гор, возвышающихся над нею, и погнал ее дальше на север. Перемещение континентов составляет... 50° широты для Африки и около 35—40° для Европы». Называть изменение широты Европы перемещением континента — значит вносить решительную путаницу в понятия. Результатом станет необоснованная и, весьма вероятно, неправильная физическая картина процесса,

К этому добавляется еще другая эмпирическая возможность проверки, основанная на изучении смены трансгрессий и регрессий.

Многие авторы, как например Райбиш, Крайхгауэр, Земпер, Хайль, Кёппен и другие, уже говорили о том, что смещение осей должно быть связано со сменой трансгрессии вследствие эллипсоидальной формы Земли и замедленного приспосабливания последней к новому положению оси, в то время как море тотчас реагирует на ее смещение. Рис. 41 поясняет это: поскольку океан при переориентации экваториального утолщения тотчас следует за смещением оси, а Земля отстает, в квадранте перед перемещающимся полюсом должна преобладать возрастающая регрессия, или осушение, в квадранте, расположенном позади полюса, — возрастающая

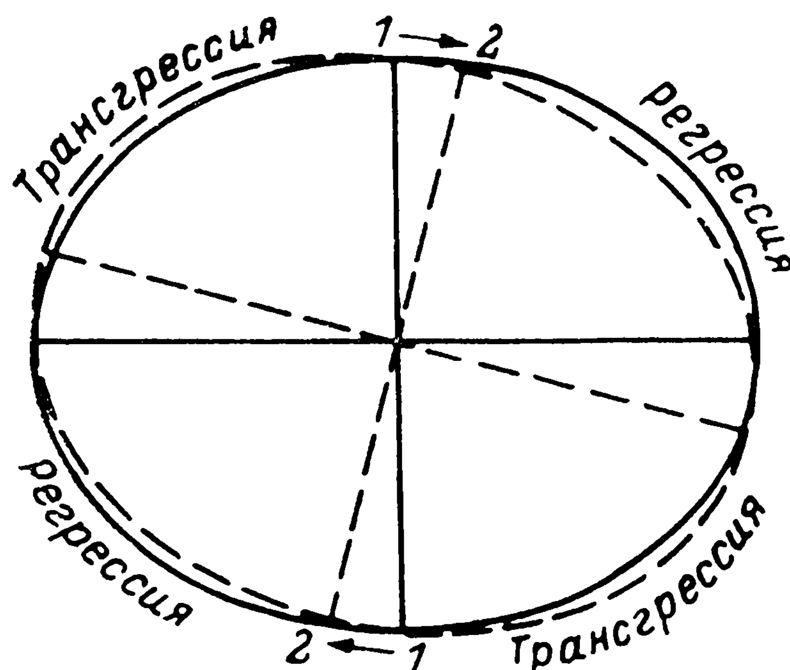


Рис. 41. Трансгрессии и регрессии при перемещении полюсов.

трансгрессия, или затопление. Поскольку экваториальный радиус Земли на 21 000 м больше полярного, при смещении полюса между карбоном и четвертичным периодами, составляющем примерно 60°, если оно сопровождалось таким же внутренним перемещением осей, Шпицберген должен был бы подняться примерно на 20 км, а Центральная Африка опуститься примерно на такую же величину ниже уровня моря, и это в случае, если бы Земля сохраняла свою форму. Естественно, последнее не могло иметь места, ибо на переориентации экваториального вздутия вследствие текучести вещества Земли основывается возможность больших смещений осей. Однако в своем приспосабливании к смещению осей поверхность Земли, вероятно, отстает на величину порядка 100 м по сравнению с немедленным приспосабливанием к нему поверхности моря, это и должно было проявиться в трансгрессивном цикле.

Я пытался ответить на этот вопрос, произведя лишь предварительное исследование с помощью двух методов на примере эмпирического материала о трансгрессивных циклах. При этом могу утверждать, что оба

которая заключает в себе два предположения: первое, что Европа и Африка переместились на указанную величину над своими субстратами (перемещение коры Европы на север опровергается распределением аномалий сил тяжести), и второе предположение, что не происходило никакого внутреннего смещения осей Земли (что представляется невероятным, судя по наличию циклов трансгрессий). Пример показывает, а к нему можно добавить много других примеров, как важно на современной стадии решения этой проблемы давать точные определения понятий.

метода приводят к выводу о существовании связи между внутренним смещением осей и миграцией полюсов.

Один метод заключается в сравнении трансгрессивных изменений, произошедших между девоном и пермью, с происходившим одновременно смещением полюсов. Строго говоря, следовало бы, конечно, воспользоваться подлинным перемещением полюсов, однако использованное здесь перемещение полюсов относительно Африки не очень сильно отличается от действительного. Во всяком случае, наибольшая неопределенность возникает вследствие того, что расположение и пространственное распространение трансгрессивных морей в различные периоды определены весьма приблизительно.

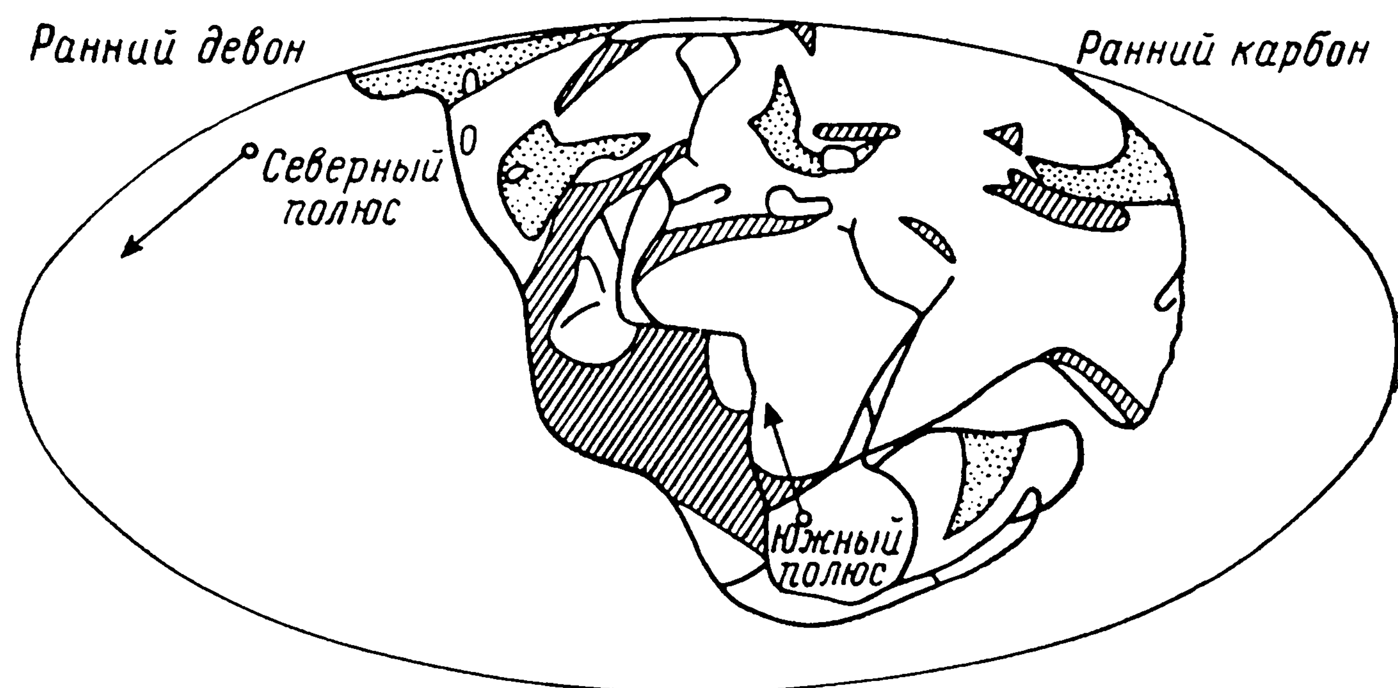


Рис. 42. Трансгрессия (*пунктир*), регрессия (*заштриховано*) и смещение полюсов за период от раннего девона до раннего карбона.

Если мы нанесем на реконструированную карту Земли в карбоне береговые линии трансгрессивных морей по обычным палеогеографическим изображениям, приводимым, например, Коссматом или Л. Ваагеном для двух эпох — раннего девона и раннего карбона, то получим представленные на рис. 42 погрузившиеся и поднявшиеся за этот промежуток времени области (не следует смешивать с имевшимися в то время областями суши или расположенными под водой областями). В это время, однако, Южный полюс сместился от Антарктики к Южной Африке,[4] так что Южная Америка попала в квадрант, расположенный «перед» перемещающимся полюсом. Северный полюс, наоборот, удалился от Северной Америки. Итак, правило подтверждается: перед полюсом — регрессия, за полюсом — трансгрессия.

В последующее время, от раннего карбона до поздней перми, полюса имели совсем другое направление смещения: Южный полюс переместился от Южной Африки к Австралии, Северный полюс приблизился к Северной Америке. Поднявшиеся и погрузившиеся за этот период области представлены на рис. 43. Здесь мы снова видим подтвер-

[4] Рисунки составлены на основе моего старого, предварительного определения положения полюсов. Положения полюсов, полученные на основе более полного материала по книге Кёппена—Вегенера «Климаты геологической древности» [151], несколько иные, однако различие не так велико, чтобы оказать влияние на наши выводы. По этой причине мы отказались от исправления рисунков.

ждение правила, являющегося тем более убедительным, что условия, возникшие в Северной и в Южной Америке, были прямо противоположными.

Эти результаты, видимо, показывают, что смещение полюсов от девона до пермского периода действительно было связано с перемещением земной оси внутри Земли.

Однако необходимо упомянуть, что попытки продолжить эту проверку для других периодов истории Земли не привели до сих пор к положительным результатам. Ближайшие к нам периоды истории Земли во всяком случае отличались настолько незначительными перемещениями полюсов, что уже по этой причине они оказа-

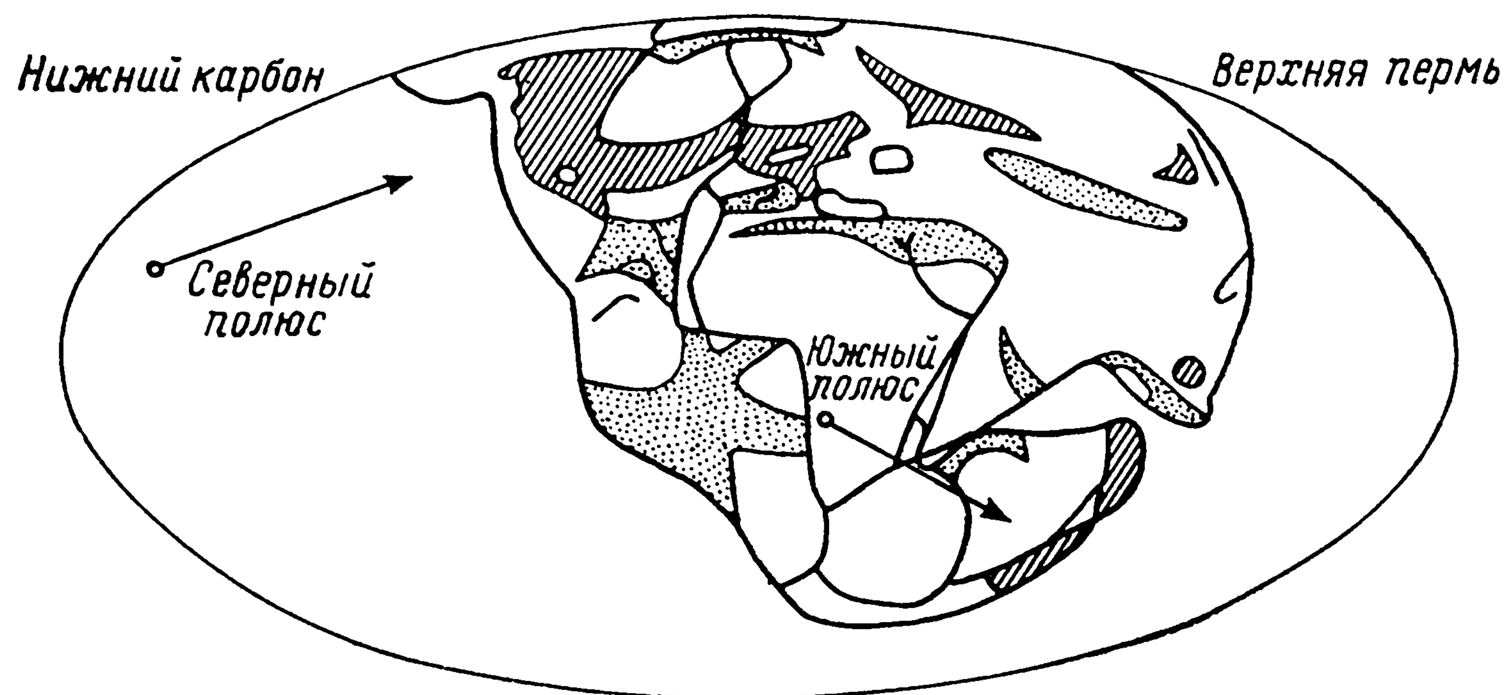


Рис. 43. Трансгрессия (*пунктир*), регрессия (*заштриховано*) и смещение полюсов за период от раннего карбона до поздней перми.

лись непригодными для таких проверок. Но и для третичного периода с его большим и быстрым перемещением полюсов я до сих пор не смог получить отчетливых результатов. Возможно, что в данном случае нельзя больше обходиться относительными перемещениями полюсов, которые я использовал, и исследование должно базироваться на осредненных данных о перемещениях. Наибольшее затруднение, однако, состоит несомненно в том, что трансгрессивные моря для отдельных периодов третичной эпохи, которая представляет интерес вследствие быстроты происходивших изменений, нанесены на карту не полностью или вообще на ней не показаны. Я предполагаю, что это и является причиной того, что до сих пор здесь отсутствует ясная картина.

Второй метод проверки состоит в том, чтобы вместо всей земной поверхности в течение ограниченного периода времени рассматривать лишь определенную, хорошо исследованную ее часть относительно изменений на протяжении всей истории Земли (для нас — с эпохи карбона) и при этом сравнивать изменения ее широт с трансгрессивным циклом. Так как должно действовать правило: «Перед полюсом — регрессия, позади него — трансгрессия», — то каждое увеличение широты должно быть связано с регрессией, каждое уменьшение широты — с трансгрессией. В качестве примера я использовал наиболее известный континент — Европу. Для изменения широты мы можем применить числа, выведенные Кёппеном—Вегенером [151] для Лейпцига (все широты северные), град.:

Карбон	0
Пермь	13
Триас	20
Юра	19
Мел	18
Эоцен	15
Миоцен	39
Начало четвертичного периода	53
Настоящее время	51

Итак, от карбона до третичного периода широта увеличивается, затем до эоцена уменьшается, а от него до четвертичного периода снова увеличивается. Наибольшей широты Лейпциг достиг, пожалуй, только в середине четвертичного периода.

С другой стороны, геология учит, что от карбона до начала юрского периода в Европе вообще господствовала регрессия, но затем начались большие трансгрессии, создавшие юрское и меловое моря, и вплоть до эоцена бо́льшая часть Европы находилась под водой. С этого времени снова началась интенсивная регрессия, которая привела к полному осушению Европы. Даже небольшому заключительному увеличению широты с четвертичного периода, видимо, опять соответствуют некоторые явления трансгрессии. Во всяком случае в общих чертах правило хорошо подходит, и это для нас особенно важно, так как Европа является наиболее изученным континентом. Итак, этот пример, очевидно, показывает что перемещения полюсов действительно связаны со смещением земной оси внутри Земли.

В заключение мы хотим кратко коснуться вопроса о том, осуществляла и осуществляет ли земная ось астрономические перемещения, т. е. колебания относительно системы неподвижных звезд.

О том, что такие колебания существуют в настоящее время, известно из астрономии. Очень давно известно прецессионное движение, в силу которого полюс за 26 000 лет огибает кривую вокруг полюса эклиптики, причем без изменения наклона земной оси к орбите Земли, т. е. среднего наклона к эклиптике. К этому добавляется небольшое нутационное колебание, которое в этом аспекте не принимается во внимание вследствие его малой величины. Но, кроме того, подсчет отклонений в движении земной оси показывает, что ее наклон к эклиптике характеризуется также почти периодическими колебаниями в несколько градусов с периодом около 40 000 лет. Несмотря на малую величину, они имели в течение четвертичного периода, в совокупности с соответствующими изменениями долготы в перигелии и эксцентриситетом орбиты, решающее влияние на последовательную смену ледниковых и межледниковых периодов.

Мы можем предполагать, что эти колебания кривой эклиптики продолжались на протяжении всей истории Земли и при этом оказывали такое же влияние на климат, как в четвертичный период. Если, например, недавно в пермокарбоновом оледенении нашли следы повторно сменяющихся наступаний и отступаний ледника, а дальнейшие исследования, возможно, увеличат количество этих следов, то весьма вероятно, что в их возникновении это периодическое колебание наклона эклиптики имело, по-видимому, такое же решающее значение, как при соответствую-

щих колебаниях в четвертичный период. Было высказано также предположение, что и периодические изменения в седиментационном процессе связаны с колебанием наклона эклиптики.

Однако на вопрос, произошли ли в ходе истории Земли существенные изменения среднего значения, на которое эклиптика периодически отклонялась в ту или иную сторону, астрономические вычисления не дают нам ответа по двум причинам. Во-первых, при таких вычислениях отклонений в движении Земли должны учитываться массы всех планет Солнечной системы, известные лишь с ограниченной точностью. Поэтому распространение расчета на геологические периоды (за исключением самого позднего — четвертичного) является иллюзорным. Во-вторых, Земля не является жестким твердым телом, как это принимается при указанных вычислениях; в ней осуществляются внутренние течения, она подвержена перемещениям континентов и всей коры и, вероятно, также смещению оси вращения внутри нее. Все это должно оказывать большое влияние на результаты вычислений, но математический расчет влияния этих фактов пока невозможен. Таким образом, с этой стороны мы не можем получить дальнейших сведений.

Я хотел бы, однако, обратить внимание на особенность геологических климатов, которая представляет в этой связи большой интерес. После того как в тогдашней Южно-полярной области, расположенной в Гондване, в перми и карбоне происходило нечто в некоторой степени сходное с современными процессами образования материковых ледников, во все последующие периоды — триасовый, юрский и меловой, вплоть до раннетретичной эпохи, нигде на Земле мы не находим достоверных следов материкового оледенения. Между тем бóльшую часть времени по крайней мере один из полюсов располагался на суше или поблизости от нее и, следовательно, вряд ли отсутствовала возможность образования материкового льда. Одновременно мы встречаем поразительно глубокое проникновение растительного и животного миров в сторону полюсов. Новые массы материкового льда образовались на Северном полюсе только в течение третичного периода и наибольшего распространения достигли в четвертичном периоде. Эти колебания в распространении полярного климата можно хорошо объяснить, предположив, что среднее значение, на которое отклоняется в ту или иную сторону эклиптика за 40 000-летний период, подвергалось в ходе истории Земли значительным изменениям, а именно: в периоды материкового оледенения наклон эклиптики был меньше, а в те периоды, когда ледников не было и происходило значительное распространение организмов в сторону полюсов, — больше.

Нетрудно выяснить влияние таких изменений наклона эклиптики на климатическую систему Земли. Для этого нужно только представить себе, что годовое колебание температуры в значительной степени обусловлено наклоном оси вращения Земли по отношению к эклиптике. Если бы наклон эклиптики (по отношению к экваториальной плоскости) был бы равен нулю, т. е. земная ось была бы ориентирована перпендикулярно к плоскости орбиты Земли, то при незначительности эксцентриситета орбиты не было бы вообще годового колебания температуры и повсюду на Земле на протяжении всего года господствовала бы температура, постоянная во времени, как это имеет место в настоящее время

только в тропиках. В полярной области тогда на протяжении всего года стояла бы свойственная ей очень низкая средняя температура: зима, правда, была бы теплее, чем теперь, но температура оставалась бы постоянно ниже точки замерзания. Лето не отличалось бы от зимы. Растительность тогда бы здесь отсутствовала, так как в течение всего года не было бы периода вегетации. Следовательно, растительный мир был бы оттеснен далеко от полюса, а за ним должны были бы последовать и наземные животные. Все осадки выпадали бы круглый год в виде снега и никогда бы не таяли, потому что при отсутствии летнего тепла не было бы и периода таяния. Следовательно, снег скапливался бы в полярных областях, которые нацело покрылись бы материковым льдом.

С другой стороны, если бы наклон эклиптики был больше, чем теперь, то резко возросли бы годовые колебания температуры в полярных областях. Лето было бы там намного теплее, что позволило бы растениям, а с ними и наземному животному миру заселить всю область, вплоть до полюса; если бы средняя температура самого теплого месяца превышала +10 °C, там могли бы расти даже высокоствольные деревья, ибо некоторые формы, как это видно в Сибири, могут переносить суровые зимние холода. Осадки выпадали бы летом в виде дождя, а выпадающие в виде снега зимние осадки без труда бы таяли, поэтому при такой низкой средней годовой температуре, как и в Сибири, здесь не мог бы образоваться материковый лед.

При этом средняя годовая температура в полярных областях повысилась бы лишь в небольшой степени, так как более сильное излучение летом не может полностью компенсироваться достаточно сильными излучательными потерями тепла зимой. Дело в том, что если в течение года Солнце только один раз опускается и стоит ниже горизонта, то для баланса излучения безралично, насколько низко под горизонтом оно стоит. Таким образом, по индикаторам климата среди растительного и животного мира материков тех времен можно сделать заключение об уменьшении с течением времени различий в климате между полюсом и экватором.

Перечисленные палеоклиматические свидетельства подобных колебаний полярного климата в ходе истории Земли требуют безусловно дальнейшего исследования. Нужно также учесть, что для таких колебаний могут быть найдены и другие причины. Однако пока мне представляется достаточно вероятным, что они реальны и что их лучше всего можно объяснить изменением наклона эклиптики. По-видимому, они указывают нам, что наряду с известными астрономическими изменениями в ориентации оси Земли происходили и другие, которые не поддаются астрономическому вычислению.

Глава девятая

ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ

Как было показано в предыдущих главах, задача установления и обоснования относительных перемещений континентов решается чисто эмпирическим путем, по совокупности геодезических, геофизических, геологических, биологических и палеоклиматических данных, без каких-либо гипотез о причинах, вызывающих эти процессы. Это индуктивный метод — путь, по которому вынуждено идти естествознание в подавляющем большинстве случаев. Формулы законов падения и движения планет были выведены сначала чисто индуктивным путем посредством наблюдений, и лишь затем пришел Ньютон, который показал, что эти законы выводятся также и дедуктивно из единой формулы общей гравитации. Таков обычный, постоянно повторяющийся ход исследования.

Теория дрейфа пока еще не имеет своего Ньютона. Не следует, однако, беспокоиться, что его вообще не будет. Теория эта молода и вызывает в настоящее время еще немало сомнений. Поэтому нельзя упрекать теоретика, если он не спешит тратить время и силы на формулировку закона, о правильности которого еще не существует единого мнения. Но во всяком случае весьма вероятно, что окончательное решение вопроса о движущих силах, т. е. о механизме дрейфа, недолго заставит себя ждать. Эта проблема связана с распутыванием целого клубка взаимозависимостей, причем подчас трудно решить, в какую сторону тянется нить, т. е. что является причиной, а что — следствием. Ведь уже теперь ясно, что дрейф континентов, перемещение коры, смещение полюсов и внутрипланетные и астрономические смещения осей — весь этот комплекс явлений при решении вопроса о силах сливается во взаимосвязанную проблему.

До сих пор частично разрешен только один единственный вопрос, а по некоторым другим выдвинуты только предположения.

Для вопроса о движущих силах особый интерес представляют в первую очередь те движения, которые выше мы назвали перемещениями коры, т. е. перемещения континентальных блоков относительно их ложа (подкорового субстрата). В большинстве случаев эти движения следует рассматривать как прямой результат действия движущих сил на континентальные блоки, когда расположенный под ними материал не подвергается их действию, а если подвергается, то только в незначительной степени.

Раньше уже указывалось на большое число признаков, свидетельствующих о двух видах движения. На карте современной Земли наиболее отчетливо бросается в глаза перемещение континентальных блоков к западу. Следы перемещения континентов от полюсов к экватору большей частью скрыты их нынешним изменившимся положением и выступают только после реконструкции прежнего положения полюсов. Однако этот вид перемещения вполне отчетливо выражен в раскалывании континентальных блоков в полярных областях и их скучивании у экватора. Так, пермокарбоновое смещение Южного полюса к Африке сопровождалось

складкообразованием в карбоне вдоль тогдашнего экватора с последовавшим расколом и разъединением Гондваны. Совершенно так же в третичном периоде смещение Северного полюса, который раньше лежал в Тихом океане, в область материковых масс современной Северной полярной области сопровождалось складкообразованием третичного времени в зоне экватора (от Альп до Гималаев). Оно сопровождалось ранее, сопровождается также и теперь все возрастающим раскалыванием, раздроблением и разъединением северных континентов.

Единственная движущая сила, о которой мы располагаем в настоящее время более или менее точными сведениями, — это сила, перемещающая континенты от полюсов к экватору (так называемая полюсобежная сила — Polfluchtkraft).* На существование такой силы, ранее никем не

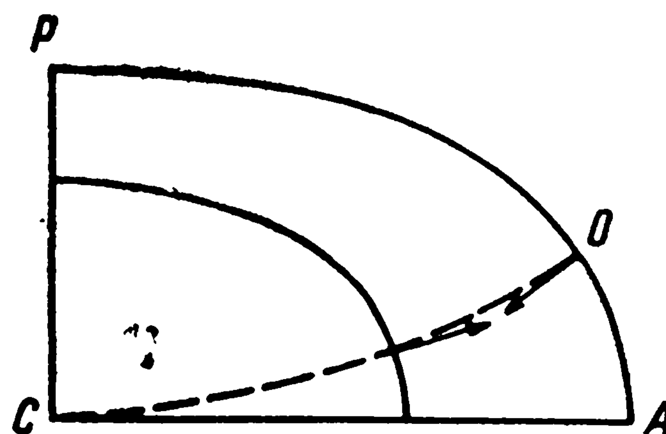


Рис. 44. Две поверхности уровня и отклонения линии отвеса.

замеченной, обратил внимание Этвёш еще в 1913 г. [199]. В одной из дискуссий он заметил, «что в меридиональной плоскости направление вертикальной линии имеет дугообразную форму, причем ее вогнутая сторона обращена к полюсу; центр тяжести плавающего тела располагается выше центра тяжести вытесненной жидкости. Отсюда следует, что плавающие тела подвержены воздействию разнонаправленных сил, равнодействующая которых обращена от полюсов к экватору. Поэтому на континентах должна господствовать тенденция перемещения к экватору, что будет вызывать вековое изменение широты. Такое изменение широты было предположительно установлено для Пулковской обсерватории».

Не будучи знакомым с этим кратким и малоизвестным указанием, В. Кёппен [200] следующим образом описал природу сил, вызывающих движение от полюсов, и установил их роль в решении вопроса о дрейфе материков: «Кривизна уровенных поверхностей (т. е. эквипотенциальных поверхностей гравитационного поля) при углублении к центру Земли уменьшается. Они не параллельны, а, напротив, располагаются под некоторым углом по отношению друг к другу, за исключением экватора и полюсов, где все они перпендикулярны радиусу Земли. Рис. 44 показывает это на меридиональном разрезе от полюса (P) до экватора (A). Прерывистая, изогнутая от полюса линия представляет собой направле-

* Эта сила следует из разности величин центробежной силы, воздействующей на массы, центр тяжести которых лежит на различном уровне, и обусловленной вращением Земли вокруг своей оси. Термин «полюсобежная сила» использован в русском переводе книги Р. Штауб «Механизм движений земной коры» (Л.; М., 1938). — *Примеч. ред. перевода.*

ние силы тяжести и соответственно линии отвеса для данной точки O. Точка C является центром Земли.

Точка приложения силы, выталкивающей погруженное тело, лежит в центре тяжести вытесненной среды, вес же самого тела приложен к его собственному центру тяжести. Направление обеих сил перпендикулярно уровням поверхности точек их приложения; их направления, следовательно, не противоположны, а образуют небольшую равнодействующую, которая, если точка приложения лежит под центром тяжести, направлена к экватору. Обе эти силы, ввиду того что центр тяжести континентального блока располагается много ниже его поверхности, направлены не перпендикулярно к горизонту его внешней поверхности, а под некоторым углом к ней, подъемная сила при всплывании блока оказывается больше его веса. Эти положения мы должны считать пригодными для всех тех плавающих тел, у которых центр тяжести располагается выше точки приложения выталкивающих сил. Таким образом, равнодействующая будет лишь тогда направлена к полюсу, когда центр тяжести будет лежать ниже точки приложения выталкивающей силы. Закон Архимеда на вращающейся Земле только тогда оказывается строго точным, когда обе эти точки совпадают».

Первое вычисление силы, вызывающей движение от полюса, принадлежит Эпштейну [201]. Для силы K_φ при географической широте φ он выводит следующую формулу:

$$K_\varphi = -{}^3/_2 m d \omega^2 \sin 2\varphi,$$

где m — масса материкового блока; d — половина разности высот между дном морских впадин и поверхностью материков (или, иначе говоря, разница в высоте приложения силы тяжести плавающих блоков и вытесненной ими симы) и ω — угловая скорость вращения Земли.

Это уравнение он использовал для вычисления коэффициента вязкости μ симатической оболочки, исходя из скорости перемещения материковых блоков v (по общей формуле $K = \mu \frac{v}{M}$, где M — толщина вязкого слоя), и получил

$$\mu = \rho \frac{s d M \omega^2}{v},$$

где ρ — удельный вес блока, а s — его толщина. При этом он, принимая следующие значения величин: $\rho = 2.9$, $s = 50$ км, $d = 2.5$ км, $M = 1600$ км, $\omega = \frac{2\pi}{86\,164}$, $v = 33$ м/год, — получил значение коэффициента вязкости симы, равное

$$\mu = 2.9 \times 10^{16} \text{ г} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{с}^{-1},$$

т. е. в три раза большее, чем коэффициент вязкости стали при комнатной температуре. Если же принять, что ближе к истине, $v = 1$ *м* в год, то μ будет в 33 раза больше, т. е. почти 10^{18}. На этом основании Эпштейн делает вывод: «Мы можем прийти к заключению, что центробежные силы вращения Земли могут и должны вызывать движение материковых глыб, направленное от полюсов, в пределах, указанных Вегенером». Однако

Эпштейн полагает, что рассмотрение вопроса о возможности приписания той же силе образования складчатых гор в экваториальном поясе следует отложить. Дело в том, что ей соответствует наклон поверхности от полюса к экватору лишь на величину 10—20 м, в то время как нагромождение гор высотой в несколько километров и соответствующее опускание сиалических масс на большую глубину предполагает значительную затрату энергии — работу, направленную против силы тяжести. По сравнению с этой величиной сила, вызывающая движение материков от полюсов, является недостаточной. Она могла бы вызвать образование гор лишь высотой от 10 до 20 м.

Почти одновременно с Эпштейном В. Д. Ламберт [202] математически вычислил силу, вызывающую движение материков от полюса, и получил в общем такие же результаты, как и Эпштейн. Он считает эту силу для 45° широты равной одной трехмиллионной силы тяжести. Так как на этой широте рассматриваемая сила достигает наибольшей величины, то она должна оказывать вращающее воздействие на удлиненный косо расположенный материк и даже будет стремиться в промежутке между экватором и 45° широты придать его продольной оси восточно-западное направление, а между 45° широты и полюсом — меридиональное. «Все это, однако, — одни предположения; они базируются на гипотезе плавающих материковых блоков и поддерживающей их магмы, которая, естественно, должна быть вязкой жидкостью, но вязкой с точки зрения классической теории вязкости. По классической теории, жидкость, как бы она ни была вязка, будет реагировать, поддаваясь воздействию той или иной силы, как бы она ни была мала, если только для этого будет достаточно времени. Особенности в распределении напряжения силы тяжести, как мы видели, дают нам очень малые силы. Однако геологи несомненно предоставят в наше распоряжение бесконечно большие промежутки времени, чтобы эти силы могли себя проявить. С другой стороны, вязкость подкоровой жидкости может быть не такой, какой она должна быть по классической теории вязкости. Возможно, что воздействующие силы должны сначала перейти некоторый предел, прежде чем жидкость начнет поддаваться их действию независимо от продолжительности воздействия этой малой силы. Вопрос о вязкости очень сложен, так как классическая теория не дает никакого удовлетворительного объяснения для некоторых наблюдаемых явлений; современное состояние наших знаний не позволяет нам быть слишком догматичными. Силы, вызывающие перемещение континентов от полюса, существуют, но на вопрос о том, оказывали ли они в течение геологических периодов существенное влияние на положение и форму материков, должны ответить геологи».

Спустя некоторое время вычислением сил, вызывающих движение материков от полюса, занялся также Швейдар [40]. Для широты 45° он получил соответствующее ей ускорение, отнесенное на 1 г массы, равное приблизительно 1/2000 см/с^2, т. е. сила достигает значения приблизительно одной двухмиллионной веса глыбы. «Может ли такая сила привести к перемещению материков, решить нелегко. Во всяком случае она не может объяснить перемещение материковых масс в западном направлении, так как скорость слишком мала, чтобы в результате вращения Земли вызвать заметное отклонение в западном направлении».

Рассматривая вычисления Эпштейна, Швейдар отмечает, что принятая Эпштейном скорость перемещения (33 м в год) чересчур велика и что вычисленная на основании этого вязкость симы слишком мала. Но если мы примем меньшую скорость, то получим требуемую большую вязкость: «Если принять, что коэффициент вязкости порядка 10^{19} П (вместо 10^{16} П у Эпштейна) и предположить, что формула Эпштейна может быть в данном случае применима, то скорость перемещения блока на 45° широты определится примерно в 20 см в год. Пожалуй, следует допустить, что материки под воздействием силы, вызывающей движение от полюса, перемещаются к экватору».

Наконец, Вафре [204] и Бернер [203] провели новый расчет силы, перемещающей континенты от полюсов к экватору, который, вероятно, является наиболее точным. Они получили в качестве максимального значения силы на 45° широты величину, равную 1/800 000 веса блока: «Отношение перемещающей силы к весу континента, следовательно, очень мало, она не в состоянии создавать горы и не создает их также в настоящее время на экваторе. ... Но дело обстоит иначе, если к этому статическому эффекту прибавляется динамический. ... Сопротивление симы не мешает континентам двигаться; в том случае, когда два континента встречаются на экваторе или в других широтах, энергия, которой лишается каждый из них, должна быть возвращена в той или иной форме».

Крайхгауэр, по-видимому, является первооткрывателем силы, перемещающей континенты от полюсов к экватору. Во второе издание своей книги «Вопрос экватора в геологии» [5], уже ранее где-то опубликованной им в 1900 г., на с. 41 он включил определение силы, перемещающей материки от полюса к экватору. В первом издании это определение отсутствует.

Далее я хотел бы упомянуть, что М. Мёллер [205] также в 1922 г. опубликовал найденную им еще в 1920 г. оценку величины производной силы, перемещающей материки от полюса.

Этот перечень литературы, вероятно, можно увеличить; я привел лишь то, что пришло мне на память.

Итак, если мы предположим вместе с Вафре и Бернером, что сила, перемещающая материки от полюсов к экватору, составляет 1/800 000 веса материкового блока, то все же нужно будет учесть, что это в 15 раз больше, чем горизонтальные силы прилива. В то время как последние все время меняют свое направление, сила, перемещающая материки тысячелетие за тысячелетием, действует в неизменных направлении и размерах. Это делает ее способной преодолеть стальную жесткость земной массы в ходе геологических эпох.

Недавно Лели провел интересный опыт для демонстрации силы, перемещающей материки [206]. Я повторил его совместно с И. Летцманом, и мы нашли, что он прекрасно подходит в качестве демонстрационного опыта. На вращающейся табуретке достаточно точно по центру помещается цилиндрический сосуд с водой, поверхность которой, если вода вместе с сосудом равномерно вращается, принимает параболическую форму (рис. 45, *а*). Затем на поверхность воды помещается плавающее тело, состоящее из плоской пробки с воткнутым в середину гвоздем (рис. 45, *б*). Гвоздь должен быть достаточно длинным, однако пробка

с направленным кверху гвоздем должна плавать, не опрокидываясь. Это плавающее тело помещается на поверхность вращающейся воды сперва с гвоздем, направленным вверх, а затем с гвоздем, направленным вниз. Если гвоздь обращен кверху, то поплавок тотчас же перемещается к центру; наоборот, он перемещается к краю, если гвоздь направлен вниз. Если поплавок ставить на воду несколько раз подряд, каждый раз переворачивая, то каждый раз он изменяет направление своего движения, и этот опыт выглядит весьма убедительно.

Принципиальное объяснение этого опыта совсем простое, если представить себе, что центр тяжести поплавка не совпадает с центром тяжести вытесненной им воды, а расположен он при направленном вверх гвозде выше, а при направленном вниз — ниже его. В воде происходит, как показывает ее изогнутая поверхность, радиальный перепад давления, который компенсируется центробежной силой. Если бы центр тяжести поплавка точно совпадал с центром тяжести вытесненной воды, то не появилось бы смещающей силы, так как тогда и для поплавка разность давления на внешней и внутренней боковых поверхностях точно компенсировалась бы центробежной силой. Но если его центр тяжести при обращенном вверх гвозде расположен сверху, т. е. именно смещен по нормали к поверхности воды, то тем самым он одновременно приближен к оси вращения, центробежная сила становится меньше и избыток градиента давления гонит поплавок к центру. При гвозде, направленном вниз, наоборот, поплавок должен двигаться к краю, так как его центр тяжести более удален от оси вращения, нежели центр тяжести вытесненной им воды. Следовательно, в этом случае центробежная сила преобладает над градиентом давления.

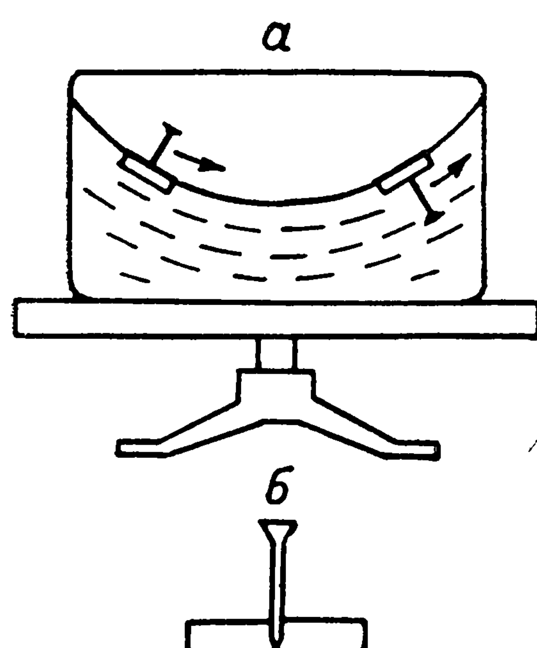


Рис. 45. Опыт Лели для пояснения силы, перемещающей материк от полюса.

На первый взгляд этот опыт дает эффект, как раз противоположный силе, перемещающей материки от полюсов к экватору, потому что материки с их центром тяжести, располагающимся выше, соответствуют поплавку с гвоздем, обращенным кверху. Но легко заметить, что этот обратный эффект — лишь следствие противоположного изгиба поверхности жидкости. Вследствие выпуклого изгиба земной поверхности центр тяжести материка расположен дальше от оси вращения, чем центр тяжести вытесненной им симы, в то время как в опыте его расстояние от оси уменьшено.

Как видно из сказанного, силы, перемещающие материки от полюсов к экватору, достаточны для того, чтобы передвигать материковые блоки в симе, но недостаточны для образования больших складчатых горных цепей, возникновение которых мы как раз и связываем с перемещением континентов от полюсов. Однако Бернер правильно указал на то, что это положение справедливо только для исходного момента, пока рассматривается статическое давление, которое приложено в горизонтальном направлении к неподвижному материковому блоку в результате силы, смещающей материки. Дело будет обстоять иначе, если мы, например, пред-

положим, что большой материк благодаря силе перемещения, которая должна при этом преодолеть вязкость ложа, движется с равномерной скоростью в сторону экватора и только в ходе этого движения наталкивается на препятствие, которое его тормозит. При этом должно прекратиться также движение блока, т. е. уничтожается энергия движения. Правда, это явление нельзя переоценивать. Энергия движения есть половина массы, умноженной на квадрат скорости. Хотя масса, находящаяся в движении, очень велика, зато скорость, возводимая в квадрат, очень мала. По-видимому, и таким образом нельзя объяснить горообразование и придется, вероятно, остаться при том, что обычной силы, перемещающей континенты от полюсов к экватору, для объяснения этого процесса недостаточно.

Некоторые геофизики рассматривают это обстоятельство как возражение против теории дрейфа, что нелогично. Ведь в существовании складчатых горных цепей нельзя сомневаться. Если горообразование требует большей силы, чем сила перемещения материков, то, следовательно, их существование является доказательством того, что на протяжении истории Земли по меньшей мере время от времени возникали силы перемещения, которые были значительно более интенсивными, чем «полюсобежная» сила, перемещающая материки от полюсов к экватору. Но если ее оказывается достаточно, чтобы обеспечить перемещение материковых блоков, то тем более были в состоянии сделать это неизвестные горообразующие силы.

Еще меньше внимания мы можем уделить обсуждению вопроса о силах, вызывающих движение материков в западном направлении. Различные авторы, такие как Э. Г. Шварц, Веттштейн и другие, желая объяснить движение земной коры вокруг ядра в западном направлении, указывают на силу трения «приливно-отливной волны», которая вызывается солнечным и лунным притяжением в твердой земной коре. Неоднократно высказывались предположения, что Луна раньше обладала большей скоростью вращения, но была приторможена трением, которое вызывает в ней приливообразующие силы, возбуждаемые Землей. Легко убедиться, что это замедление движения планеты под действием трения приливной волны касается главным образом верхних слоев Земли и может привести к медленному перемещению всей земной коры или же отдельных материковых блоков. Но возникает вопрос, существуют ли вообще такого рода приливы. Дело в том, что приливные деформации твердого земного шара, которые измеряются горизонтальным маятником, имеют, по Швейдару, другой, а именно эластический, упругий характер и поэтому не могут непосредственно быть привлечены для объяснения.

Однако В. Д. Ламберт [221] считает, что, «несмотря на это, мы не можем поверить, что на свободное колебание совершенно не оказывало влияние трение, хотя его нельзя с уверенностью доказать путем наблюдений». Действительно, бесспорным является то, что мы не можем рассматривать Землю как идеально упругое тело по отношению к приливообразующим силам. Таким образом, наряду с эластичными измеримыми приливами и отливами должны также существовать приливы и отливы, соответствующие остаточным деформациям, т. е. пластичные. Хотя они

чрезвычайно малы, поскольку периоды приливов и отливов слишком малы в сопоставлении с величинами вязкости магмы, но их воздействие в форме приливного трения накапливается в течение геологических эпох, а это может в конце концов способствовать значительным перемещениям земной коры. По моему мнению, этот вопрос еще нельзя считать снятым с повестки дня из-за того, что в твердой Земле обнаружен лишь упругий характер деформаций при ежедневно регистрируемых приливах и отливах.

Другим путем, основываясь также на притяжении Солнца и Луны, в частности на теории прецессии земной коры, Швейдар находит силу, которая должна вызывать перемещение материков в западном направлении [40]: «Теория прецессии оси вращения Земли под влиянием притяжения Солнца и Луны может применяться лишь при условии, что отдельные части Земли не могут претерпевать больших перемещений относительно друг друга. Расчет движения земной оси в пространстве становится значительно труднее, если допускается перемещение материков. В этом случае необходимо проводить различие между осью вращения материка и всего земного шара в целом. Я вычислил, что прецессия оси вращения материка, расположенного между —30 и +40° и меридианами 0 и 40° западной долготы, будет в 220 раз больше, чем прецессия оси вращения всей Земли. Таким образом, материк стремится вращаться вокруг оси, которая отличается от оси вращения Земли. Отсюда возникают силы, которые действуют не только в меридиональном направлении, но и в западном и стремятся переместить материк; меридиональная сила в течение суток меняет свое направление, что в связи с нашей проблемой не вызывает вопросов. Эти силы значительно больше, чем сила, вызывающая перемещение материков от полюса к экватору. Они наиболее резко проявляются на экваторе и равны нулю на 36° с. ш. и 36° ю. ш. Более полный анализ проблемы я надеюсь дать позднее. Этим механизмом уже можно объяснить перемещение материков на запад». Хотя и здесь речь идет о предварительном сообщении (окончательное суждение все еще, к сожалению, не опубликовано), все же кажется несомненным, что наиболее заметное общее движение материков, а именно движение в западном направлении, объясняется притяжением Солнца и Луны, воздействующих на Землю как на тело, обладающее некоторой пластичностью.

Швейдар придерживается мнения, что отличия формы Земли от идеального эллипсоида вращения, вытекающие из гравиметрических измерений, могут стимулировать течения в слое симы, а тем самым и перемещение материков: «Можно также предположить существование течений в симе, по крайней мере в прежние эпохи. Гельмерт в своей последней работе, касающейся распределения силы тяжести на земной поверхности, пришел к выводу, что Земля является трехосным эллипсоидом; экватор образует эллипс. Разность в величине осей этого эллипса составляет только 230 м. Большая ось пересекает земную поверхность на 17° з. д. (Атлантический океан), малая ось—на 73° в. д. (Индийский океан). По теориям Лапласа и Клеро, от которых в геодезии мы еще не отказались, Земля рассматривается как жидкое тело. Это означает, что давление в твердой Земле (за исключением земной коры) носит гидростати-

ческий характер. С этой точки зрения выводы Гельмерта непонятны. Земля, построенная на основе законов гидростатики при ее сплюснутой форме и наблюдаемой скорости вращения, не может быть трехосным эллипсоидом. Можно было бы предположить, что отклонения от эллипсоида вращения обусловлены материками. На самом деле этого нет. Я имею в виду, что материки плавают и обладают вышеприведенной толщиной (около 200 км). Полагая, что разница в плотности между сиалической массой и симой равна 0.034 г/см^3, я провел исследования и пришел к выводу, что отклонение математической формы Земли от эллипсоида вращения вызвано распределением материков и морей. Однако это отклонение меньше, чем то, которое было определено Гельмертом. Кроме того, оси экваториального эллипса расположены совершенно иначе, чем представлял Гельмерт: большая ось выходит в Индийском океане. Поэтому обширные области Земли должны были иметь отклонения от той формы, которую требует гидростатика».

«По моим вычислениям, выводы Гельмерта можно объяснить, если допустить, что толщина слоя симы в 200 км под Атлантическим океаном на 0.01 больше, чем под Индийским. Такое состояние долго продолжаться не может, и у симы появится тенденция потечь, чтобы восстановить равновесие эллипсоида вращения. При такой незначительной разнице в плотности едва ли может возникнуть подкоровое течение, но вследствие эллиптичности экватора и разницы в плотности симы течения в ней в более ранние геологические периоды могли иметь большее распространение».

Не вдаваясь в дальнейшее рассмотрение, можно сразу заметить, что установленные на основании результатов исследования Гельмерта силы можно было бы привлечь для объяснения образования Атлантического океана. Именно в этом месте Земля, оказывается, вздута (т. е. поверхность геоида приподнята), и, следовательно, массы должны стремиться растекаться в обе стороны.[1]

Здесь необходимо привести еще одно соображение, которое можно, вероятно, рассматривать как дальнейшее развитие предыдущего хода мыслей. Такие вздутия поверхности геоида над уровнем, соответствующем равновесию, не обязательно должны быть сосредоточены на экваторе; они могут встретиться в любом месте земного шара. Выше, при рассмотрении вопроса о трансгрессиях и их связи с перемещениями полюса (в гл. 8), было отмечено, что впереди перемещающегося полюса мы должны ожидать относительно несколько повышенное, а позади него — несколько пониженное положение земной поверхности и что геологические данные как будто подтверждают наличие этих отклонений. Точно так же и здесь речь идет о таких или, может быть, вдвое бо́льших размерах отклонений, как это и было установлено Гельмертом для превышения большой экваториальной оси над малой. При более быстром перемещении полюсов земная поверхность, по-видимому, может располагаться впереди полюса на несколько сотен метров выше, а позади него — на не-

[1] Однако следует указать, что недавно раздались голоса сомневающихся в том, что Земля действительно является трехосным эллипсоидом. Хейсканен считает, что этот вывод является лишь результатом неточных измерений силы тяжести [219].

сколько сотен метров ниже поверхности равновесия. Наибольший наклон глыбы (в пределах 1 км на четверть окружности земного шара) должен иметь место на том меридиане, вдоль которого происходит перемещение полюса, в месте его пересечения с экватором; почти такой же наклон глыбы должен наблюдаться на обоих полюсах. В связи с этим должны освободиться силы, перемещающие массы из чрезмерно повышенных областей в чрезмерно пониженные. Эти силы во много раз больше нормальной силы, вызывающей перемещение материков от полюса к экватору; им на материковых глыбах соответствуют наклоны всего лишь в 10—20 м на четверть окружности земного шара. Такие силы возникают не только на материковых блоках, как это установлено для сил, вызывающих перемещение от полюса к экватору, но и на залегающей под ними симе, которая более подвижна и, может быть, легче восстанавливает равновесие под твердой земной корой. Однако, пока существует наклон глыбы, а трансгрессии и регрессии об этом свидетельствуют, такая сила должна также оказывать воздействие и на материковые глыбы. По-видимому, она должна также вызывать их перемещение и смятие в складки даже в том случае, когда эти движения менее значительны, чем соответственные движения пластичной материи под ними. Думается, что эти деформации фигуры Земли, возникающие при перемещении полюсов, служат мощным источником, которого вполне достаточно, чтобы вызвать образование складок.

Это предположение представляется вполне вероятным в связи с тем уже упомянутым выше обстоятельством, что рассмотренные две наиболее крупные системы складчатости, в частности складчатые пояса каменноугольного и третичного периодов, возникли как раз в те эпохи, в течение которых мы по другим данным должны предположить особенно быстрое и интенсивное перемещение полюсов.

В последнее время многие авторы, такие как Швиннер [69] и особенно Кирш [70], используют представление о конвекционных течениях в симе. Следуя идеям Д. Джоли о том, что под континентальными глыбами вследствие более высокого содержания радия в породах сиаля происходит нагревание симы, а в океанической зоне — охлаждение, Кирш предполагает циркуляцию симы под корой. По его представлениям, она поднимается под материками до их нижней границы, а затем течет под ними в океаническую зону, чтобы в этом месте погрузиться и на большей глубине снова вернуться к материку. При этом благодаря трению она стремится разорвать материковый покров и раздвинуть обломки. Мы уже говорили раньше, что сравнительно высокая пластичность симы, которая предполагается в этом случае, до сих пор считается большинством авторов маловероятной.

При рассмотрении поверхности Земли нельзя, однако, не признать, что раскалывание Гондваны, а также бывшей Северо-Американско-Европейско-Азиатской материковой глыбы можно рассматривать как результат воздействия такой циркуляции симы. Такая гипотеза дает также хорошее объяснение возникновению Атлантического океана. Следовательно, ее нельзя отвергать лишь по той причине, что процессы на земной поверхности ей противоречат. Если теоретическое обоснование этих представлений окажется возможным (чего в ближайшее время пока не пред-

видится), то они будут приняты во внимание, во всяком случае как способствующие формированию представлений о земной поверхности.

Наши рассуждения, вероятно, показали читателю, что вопрос о силах, которые вызвали и вызывают перемещения материков, остается еще совершенно открытым, за исключением уже хорошо изученной силы, смещающей континенты от полюсов к экватору.

Только одно можно, однако, предполагать с уверенностью: силы, которые перемещают материки, являются теми же самыми силами, которые формируют крупные складчатые горные сооружения. Перемещения материков, их раскол и сдвиг, землетрясения, вулканизм, трансгрессивные циклы и миграция полюсов несомненно находятся в тесной причинной зависимости между собой. Однако что именно является причиной и что — следствием, покажет будущее.

Глава десятая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО СИАЛИЧЕСКОЙ ГЕОСФЕРЫ

После того как в предыдущих главах были рассмотрены основные доказательства теории дрейфа материков, мы будем теперь считать ее правильной и в этой, и последующих главах обсудим дополнительно ряд явлений и проблем, которые настолько тесно связаны с нашей теорией, что рассмотрение их является весьма желательным. Я хотел бы подчеркнуть, что эти рассуждения скорее имеют цель наметить вопросы и стимулировать их разрешение, нежели дать на них готовые ответы.

Рассмотрим вначале сиалическую геосферу, которая теперь фрагментарно покрывает Землю только лишь в виде обломков континентальных глыб.

На рис. 46 приведена карта глобальных континентальных глыб. Поскольку шельфы относятся к ним, контуры этих глыб местами значительно отклоняются от известных береговых линий. Для наших исследований важно отойти от обычного изображения глобальной карты и получить надежное представление о действительных очертаниях целых континентальных глыб. Как правило, 200-метровая изобата лучше всего воспроизводит край этих плит, но некоторые их части, также относящиеся безусловно к материковым плитам, достигают глубин 500 м.

Раньше уже говорилось, что материковые глыбы состоят главным образом из гранита. Однако известно, что с поверхности континенты часто сложены не гранитными породами, а осадочными отложениями. Поэтому нам необходимо представлять себе, какую роль они играют в строении материковых глыб. Наибольшую мощность осадочных отложений можно принять равной приблизительно 10 км — величина, которую вычислили американские геологи для палеозойских отложений Аппалачских гор; в других местах этот предел равен нулю, так как обычно породы,

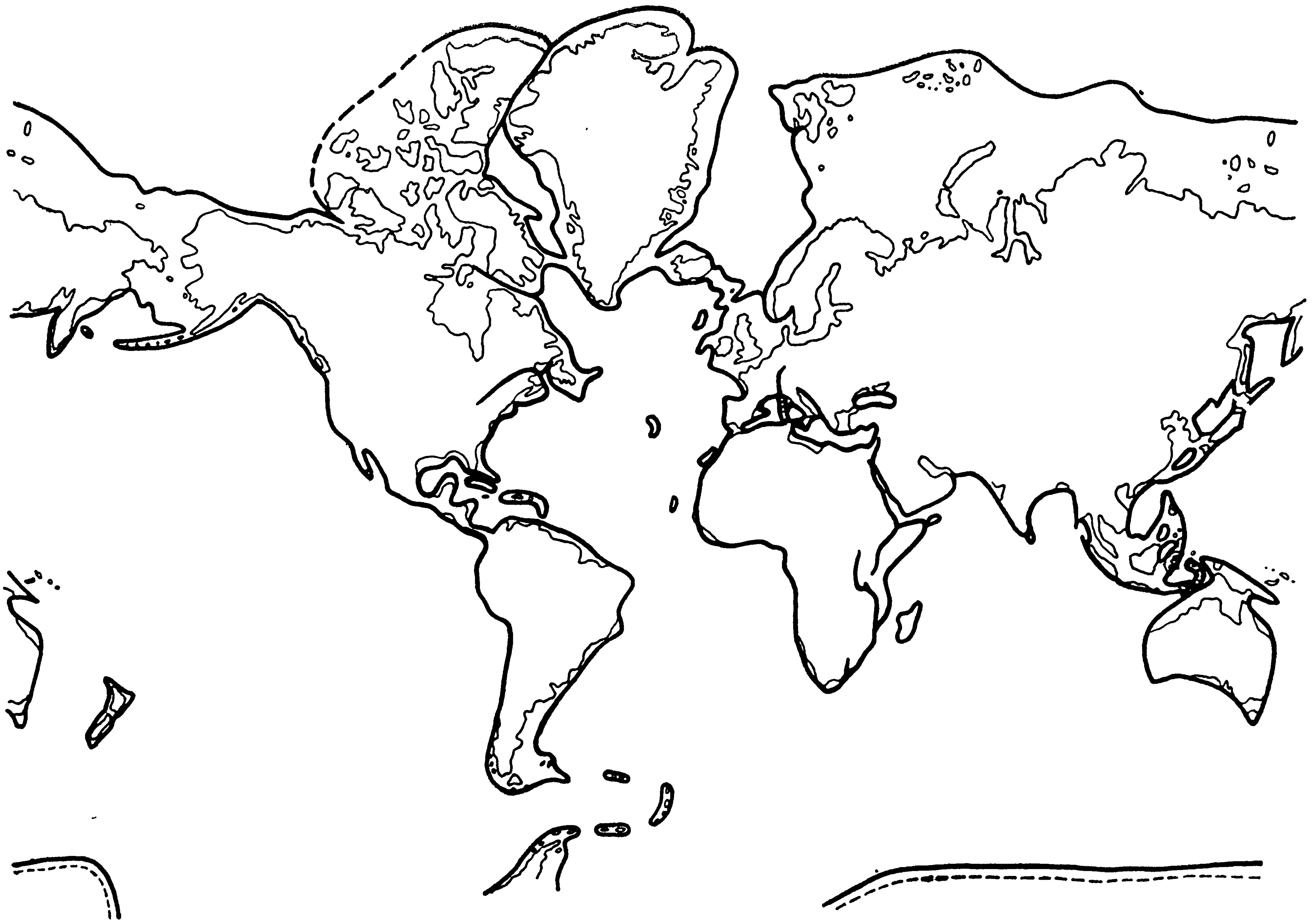


Рис. 46. Карта материковых глыб в меркаторской проекции.

слагающие древние горы, лишены какого бы то ни было осадочного покрова. Кларк определяет среднюю мощность * на материковых глыбах в 2400 м. Но поскольку ныне общая толщина материковых глыб оценивается примерно в 60 км, а толщина гранитного слоя — в 30 км, ясно, что этот покров осадочных отложений представляет собой лишь поверхностный слой, образовавшийся из продуктов эрозии и выветривания. При полном удалении его материковые глыбы для восстановления изостазии поднялись бы почти до первоначального уровня, так что рельеф земной поверхности изменился бы мало.

Карту не следует понимать так, будто бы края глыб, обозначенные жирной линией, уже дают границу между сиалем и симой. Как будет показано в следующей главе, дно океана во многих местах, вероятно, еще покрыто сиалическими остатками. Под материковой глыбой в данном случае понимается целый, в значительной степени ненарушенный сиалический покров в противоположность тем океанским сиалическим массам, которые вследствие поверхностного разрушения и разрыва или растекания материала в более глубоких слоях по форме представляют собой разрушенные части глыбы. Итак, следует различать более обобщенное понятие — сиалический покров и более специальное — сиалические глыбы. На нашей карте изображены только последние.

Самыми глубокими изменениями, произошедшими на этих сиалических глыбах в течение геологического времени, несомненно являются чередующиеся трансгрессии (затопления морем) и регрессии (образование суши). Их чередование в основном связано с тем по существу случайным обстоятельством, что объем вод Мирового океана несколько больше объема существующих глубоководных бассейнов, так что нижние части материковых глыб лежат еще под водой. Если бы уровень Мирового океана находился на 500 м ниже, то эти явления, играющие в геологии столь выдающуюся роль, ограничивались бы узкой краевой полосой. Современные трансгрессии видны из нашей карты. Незначительные изменения уровня поверхности материковых глыб вызывают большие изменения площади затопленных областей. При этом речь идет об изменениях уровня воды, не превышающих нескольких сотен метров. Трансгрессивные эпиконтинентальные моря в прошлом были такими же мелкими, как и современные. На вопрос о том, как эти доказуемые изменения уровня сходятся с принципом изостазии, т. е. с гидростатическим равновесием земной коры, вероятно, можно ответить так: когда материковая глыба под каким-либо воздействием опускается ниже положения равновесия, возникает дефицит масс, который вызывает силы, ведущие к восстановлению положения равновесия. До тех пор пока изменение уровня держится внутри указанных границ, аномалия силы тяжести остается также в пределах тех границ, которые фактически наблюдаются в различных точках Земли в виде небольших региональных отклонений от изостазии. При большой вязкости материала требуется, очевидно, превышение определенного предельного значения границы уровня, для того чтобы эти силы смогли осуществить заметные изостатически уравнивающие движения. Возможно, что величина в несколько сотен метров приблизительно

---

* В данном случае речь идет о мощности осадочного покрова. — *Примеч. пер.*

характеризует это предельное значение, которое, естественно, нельзя рассматривать как абсолютно постоянное.

Выяснение причин смен трансгрессий и регрессий в истории Земли составит одну из важнейших, но вместе с тем и одну из самых трудных задач будущего геологического и геофизического исследования. В настоящее время вопрос еще не может считаться решенным, хотя имеются достойные внимания попытки по крайней мере найти частичное решение. Главная трудность состоит в том, что геологические съемки, несмотря на наличие ряда палеогеографических карт Земли, еще далеко не столь надежны и полны, чтобы можно было эмпирически проследить проявления трансгрессивного цикла (колебания), локализовав его по месту и времени. Таким образом, имеющегося материала недостаточно для проверки гипотез, привлекаемых для объяснения трансгрессий и регрессий. Кроме

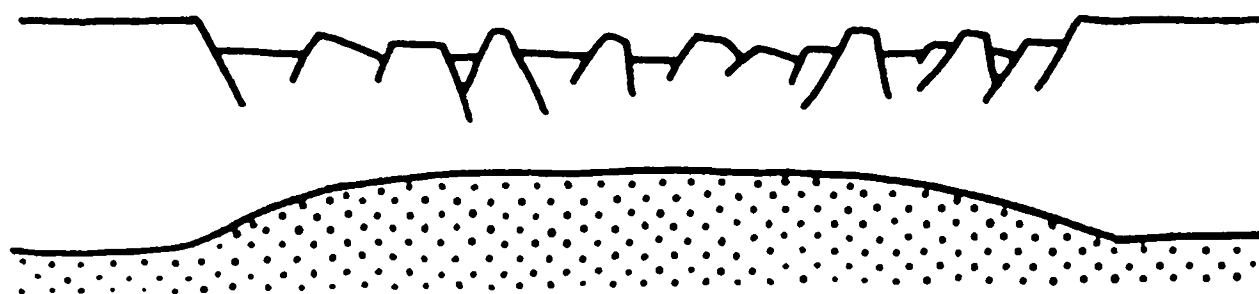


Рис. 47. Интенсивное раздробление сиаля вследствие растяжения субстрата (схема).

того, уже теперь можно сказать, что все трансгрессивные циклы определенно нельзя отнести за счет одной единственной причины, ибо можно назвать целый ряд различных причин, которые принимаются во внимание, по меньшей мере, как способствующие; таким образом, эта проблема несомненно сама по себе комплексная. Это, конечно, не исключает того, что в будущем, возможно, одна причина будет признана главной.

Пока, насколько мне известно, могут рассматриваться следующие причины:

1. Заметное изменение количества вод Мирового океана, на которое влияет образование и расплавление больших внутриматериковых ледяных масс, должно приводить, естественно, к распространению трансгрессии. Характерно, что она происходит одинаково на всей Земле и без нарушения изостазии. Легко можно вычислить, что благодаря образованию ледяной шапки, четвертичной или пермокарбоновой, уровень моря понижался на 50—100 м.[1]

2. На подъемы и погружения поверхности сиалических глыб могут воздействовать также, без нарушения изостазии, горизонтальное сжатие (горообразование) или горизонтальное растяжение сиалического покрова (образование сбросов на поверхности, выжимание вверх более глубоких слоев). При этом толщина сиалического покрова в первом случае увеличивается, во втором уменьшается. Так, благодаря складкообразованию из моря поднялись Альпы, в то время как область Эгейского моря в результате многочисленных сбросов погрузилась, причем сохранились лишь останцы прежней суши в виде островов (сравните схематический рис. 47). Хотя эти процессы местами и происходят при довольно значи-

[1] См. Борн в [45], с. 141.

тельных гравитационных аномалиях, однако в принципе они протекают без нарушения изостазии, по меньшей мере без такого нарушения, которое соответствовало бы величине подъема или погружения; кроме того, они связаны со значительным изменением горизонтальных размеров данной области и носят в общем скорее локальный, нежели региональный характер.

3. В качестве других причин можно указать также астрономические изменения движения Земли, в особенности такие, которые влияют на изменение величины сжатия (сплюснутости) Земли, соответствующей ее равновесию. Дело в том, что океан следует без промедления таким изменениям равновесной фигуры Земли, тогда как весьма вязкая масса Земли приспосабливается с опозданием. Вследствие этого при возрастающем сжатии (сплющивании) должны возникать трансгрессии на экваторе и

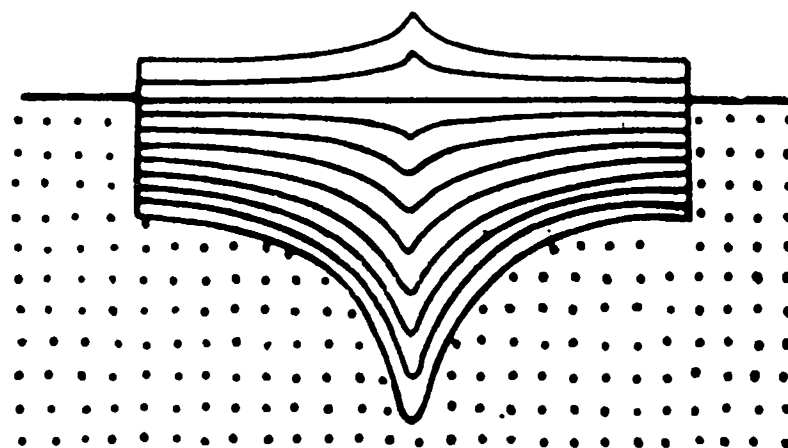


Рис. 48. Деформация сжатия с сохранением изостазии.

регрессии у полюсов, а при уменьшающемся — наоборот, регрессии на экваторе и трансгрессии на полюсах. В качестве причин таких изменений сжатия Земли рассматриваются колебания скорости вращения Земли вокруг своей оси, которые были недавно установлены путем наблюдений (однако их истолкование еще полностью не достигнуто!), а также изменение наклона эклиптики. При большом наклоне эклиптики силы прилива и отлива должны создавать небольшое вытягивание формы Земли в направлении ее оси. При малом наклоне эклиптики должен иметь место противоположный эффект, а именно увеличение радиуса экватора. Поэтому при возрастании наклона эклиптики следует ожидать трансгрессию на полюсах, а при уменьшении наклона — регрессию на полюсах и трансгрессию на экваторе.

4. Поскольку геологически определяемые смещения полюсов объясняются перемещением земной оси относительно всей массы Земли, они должны быть, как об этом говорилось в предыдущей главе, очень существенной причиной смены трансгрессий и регрессий. Как там было показано, известные факты действительно подтверждают реальность этого эффекта тем, что перед перемещающимся полюсом господствует увеличивающаяся регрессия, позади него — трансгрессия. Я считаю вероятным, что это окажется главной причиной трансгрессий, однако сказанное свидетельствует о том, что наряду с нею проявляют себя и другие причины, число которых, пожалуй, можно даже увеличить.

Указанные в пункте 2 явления растяжения при сбросах и скучивания масс при складчатости составляют наряду со сменой трансгрессий и регрессий второй из главных процессов в геологии континентальных

глыб. Издавна они составляют объект изучения в тектонике. В данном случае мы хотим подчеркнуть лишь одно обстоятельство, представляющее интерес в этой связи. Давно уже известно, что возникновение складчатых гор происходит при значительном горизонтальном сжатии, хотя это еще и теперь оспаривается некоторыми авторами, пытающимися объяснить возникновение складчатых гор на основе других принципов. Они остаются, однако, в своих попытках настолько одинокими, что нет необходимости на этом останавливаться. Важно то, что мы не находим ни в старых, ни в молодых складчатых горных сооружениях нарушения силы тяжести такой величины, какая должна была бы быть, если бы эти горные цепи были просто поставлены на земную кору. Правда, в подобных горах часто встречают хорошо определяемые отклонения от полной изостазии, и это заслуживает интереса в другом отношении, но оно все же настолько мало, что в первом приближении мы можем сказать: складчатость горных цепей происходит в общем при сохранении изостатического равновесия. На рис. 48 схематически показано, что это означает. При сжатии материковой глыбы, плавающей в симе, всегда должно оставаться одинаковым отношение той части сиаля, которая выше симы, к той части, которая погружена ниже поверхности симы. Будет ли толщина сиалического покрова, выступающего из симы, составлять 5, 30 или 60 км, это соотношение должно соответствовать величине от 1 : 6 до 1 : 12. Таким образом, та часть скученных масс, которая вдавлена вниз, должна быть в 6 или в 12 раз больше части, выдавленной вверх. То, что мы видим в горах, является только частью всей сжатой массы. Это (при идеальном сжатии) только те слои, которые и до скучивания складчатых масс уже лежали над уровнем океана. Все, что лежало ниже этого уровня, остается при сжатии также под ним, если не говорить о незначительных перемещениях. Итак, если верхняя часть глыбы состояла из осадочных отложений толщиной в 5 км, то и весь горный хребет вначале состоял из осадков. Только когда они будут снесены эрозией, в процессе изостатического выравнивания поднимется центральная часть первичных пород, а затем, после окончательного сноса осадочного покрова, вырастет широкая горная цепь почти одинаковой средней высоты, сложенная породами древнего основания. В качестве примера первой стадии можно привести Гималаи и соседние с ними горы. Эрозия осадков здесь очень интенсивна, так что ледники почти погребены под обломочными отложениями, как, например, крупнейший в горах Каракорума ледник Балторо. При ширине лишь от 1.5 до 4 км и длине 56 км он несет не менее 15 срединных морен. Альпы находятся во второй стадии, при которой центральная цепь уже состоит из первичных пород основания, но с обеих сторон она еще окружена зонами складчатых осадочных отложений. Поскольку эрозия в первозданных породах древнего основания значительно слабее, альпийские ледники очень бедны моренами; в этом основная причина их красоты. Наконец, норвежские горы представляют третью стадию. Осадочный покров в этом месте большей частью совершенно удален, и подъем древнего основания уже завершился, таким образом, снос осадочных отложений происходит здесь с сохранением изостазии.

Очень часто можно наблюдать, что параллельные складчатые пояса горной цепи расположены в виде ступеней. Если следовать по такому

складчатому поясу, то можно обнаружить, что рано или поздно он выходит за край цепи и в конце концов прекращает свое существование, после чего следующая внутренняя цепь образует край, чтобы на некотором расстоянии снова исчезнуть, и т. д. Это происходит тогда, когда глыбы надвигаются не прямо друг на друга, а осуществляют по отношению друг к другу касательное движение (сдвиг), хотя бы по одному компоненту смещения.

Рис. 49 изображает в общих чертах результат различных движений глыб относительно друг друга: левая глыба неподвижна, правая движется. Если движение имеет нормальное направление к границе между глыбами, то кулисообразных складок не возникает, а образуются очень

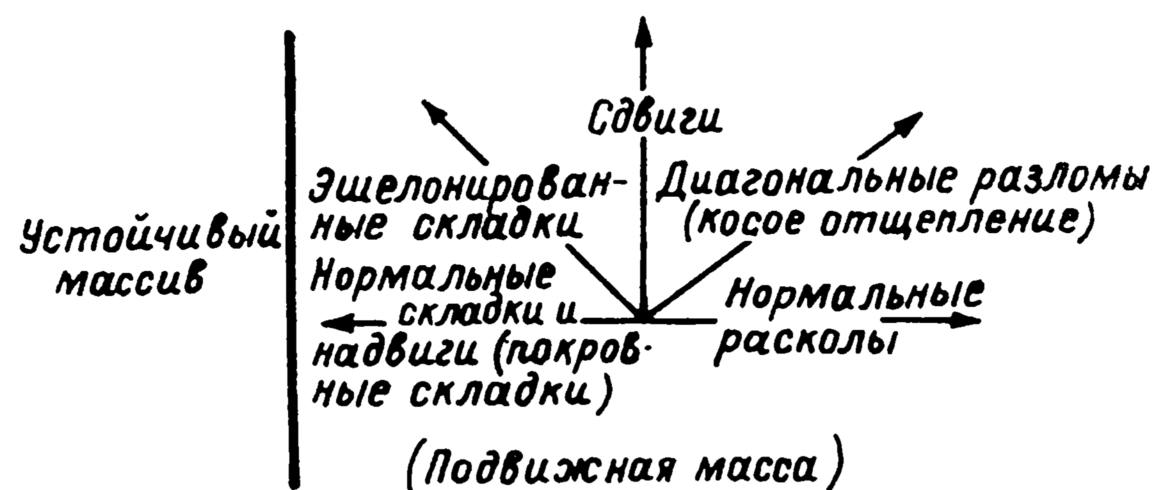


Рис. 49. Образование складок и разломов как результат движения глыб в различных направлениях.

крупные надвиги; если оно направлено под углом к границе между глыбами, то образуются ступенчатые кулисообразные складки, которые становятся тем у́же и ниже, чем больше направление движения становится параллельным краю глыбы. При полной параллельности возникает поверхность скольжения со сдвигом; если, наконец, движение имеет компоненту, направленную от границы глыбы, то мы имеем косое или нормальное растяжение, которое проявляется прежде всего в образовании сбросов и грабенов. Отношение нормальных складок к ступенчатым мы можем хорошо пояснить наглядным способом на скатерти, если придавим какой-нибудь тяжестью ту ее часть, которая должна изображать неподвижную глыбу, а другую часть будем продвигать к ней.

Уже из этих общих рассуждений видно, что ступенчатые складки должны встречаться чаще, чем нормальные, ибо первые представляют собой обычный случай, а последние — особый. Расположение поясов складок это подтверждает. Я хотел бы это подчеркнуть, потому что в геологии часто проявляется стремление признавать взаимосвязанными только такие складчатые пояса, которые находят свое продолжение непосредственно друг в друге, что, согласно сказанному выше, вовсе необязательно.

Как показывает рис. 49, складкообразование и образование расколов (сбросов и пр.) — лишь два следствия, вызываемые одной и той же причиной, а именно перемещением частей глыбы относительно друг друга, причем через ступенчатые складки и сдвиги один тип дислокации непосредственно переходит в другой. Поэтому целесообразно иметь здесь в виду также процесс раскалывания.

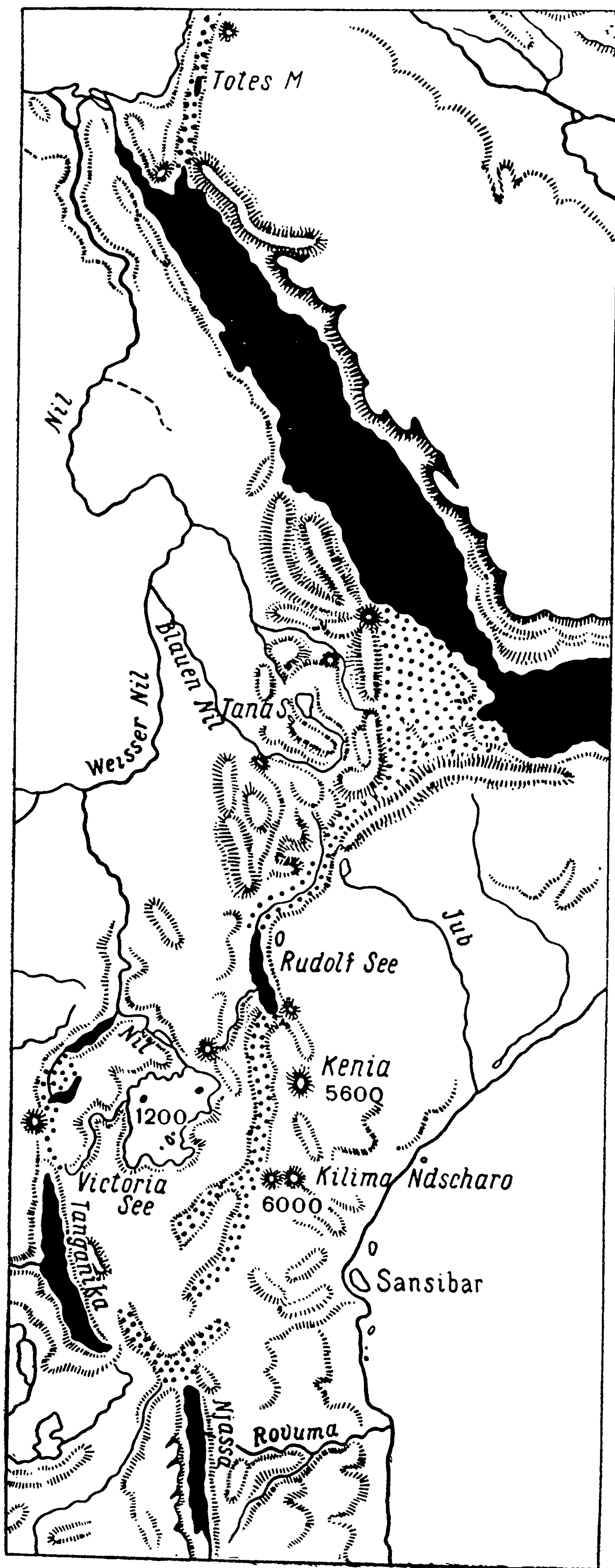


Рис. 50. Восточно-Африканские грабены (по Зупану).

Пунктир — грабены; *черное* — части грабенов, заполненные водой.

Лучшим примером образования таких расколов являются грабены Восточной Африки. Они принадлежат к большой системе сбросовых разломов, которую можно проследить в северном направлении через Красное море, Акабский залив и долину р. Иордан до края складчатого хребта Тавр (рис. 50). По новейшим исследованиям, эти разломы продолжаются также на юг до Капской провинции, наиболее ярко они выражены в Восточной Африке. Неймайр и Улиг [183] описывают их следующим образом: «От устья Замбези на север тянется такого рода грабен, шириной от 50 до 80 км, который включает реку Шире и озеро Ньяса, затем поворачивает на северо-запад и исчезает. Но рядом, параллельно ему, начинается грабен озера Танганьика, о грандиозности которого свидетельствует глубина озера от 1700 до 2700 м; высота похожих на стены крутых склонов грабена составляет 2000 и даже 3000 м. В своем северном продолжении этот грабен включает реку Руссизи, озера Киву, Альберта-Эдуарда и озеро Альберта». «Края впадины представляют собой выступы словно растрескивание Земли здесь было связано с некоторым движением вверх внезапно высвободившихся краев. С этой своеобразной формой вздутия на краях плато связано, пожалуй, также то, что непосредственно восточнее склона

Танганьики берут свое начало истоки Нила, в то время как само озеро является истоком реки Конго». Третий характерный грабен начинается восточнее озера Виктория, включает на севере озеро Рудольфа и у Абиссинии поворачивает на северо-восток, где прослеживается дальше, с одной стороны, в Красном море, а с другой —в Аденском заливе. В прибрежной области и внутри бывшей немецкой Восточной Африки эти разломы большей частью принимают форму уступов, восточная сторона которых опущена.

Особый интерес представляет изображенный пунктиром на рис. 50 как дно грабена большой треугольник между Абиссинией и полуостровом Сомали (между Анкобэром, Берберой и Массауа). Относительно плоская и низменная территория целиком состоит здесь из молодых вулканических лав. Большинство авторов считают это гигантским дном трещины. Это мнение подкрепляется очертаниями обеих береговых линий в Красном море, точная параллельность которых нарушена только этим треугольным выступом; если его отрезать, то противолежащий угол Аравии точно войдет в этот вырез. Уже говорилось о том, что здесь речь, очевидно, идет о сиалических массах нижней части Абиссинских гор, которые односторонне распространялись на северо-восток и поднялись на краю глыбы. Возможно, что трещина была уже заполнена базальтом, так что поднимающиеся вверх сиалические массы несли с собой «шапку» из этого материала. Большое превышение поверхности Афарского треугольника над уровнем океана указывает во всяком случае на присутствие сиалических масс под покровом лавы при условии, что область не обнаруживает значительного избытка силы тяжести.

Возникновение этой сети разломов в Восточной Африке следует отнести к недавнему геологическому прошлому. Во многих местах они прорезают молодые базальтовые лавы, а в одном месте также и плиоценовые пресноводные образования. Во всяком случае они не могли возникнуть раньше конца третичного периода. С другой стороны, возможно, они уже существовали в плейстоценовое время, как это можно заключить по береговым террасам —по отметкам более высокого уровня воды бессточных озер, расположенных на дне грабена. О более длительном существовании свидетельствует озеро Танганьика. Его так называемая реликтовая фауна имеет явно морское происхождение, она позже приспособилась к пресной воде. Частые землетрясения и сильный вулканизм в зоне разломов, повидимому, указывают на то, что процесс раздвижения происходит здесь еще и сегодня.

Что касается механики образования таких грабенов, то здесь имеется что-то новое лишь постольку, поскольку они представляют собой начальную стадию полного разделения обеих частей глыбы, причем речь может идти о послеплейстоценовых, еще не завершенных расколах или также о ранних тенденциях к раскалыванию, прекратившихся вследствие ослабления растягивающих усилий. Полное разделение происходит, по нашим представлениям, следующим образом. Сначала образуется зияющая трещина только в верхних, более хрупких, слоях, в то время как нижние пластичные слои растягиваются. Поскольку вертикальные отвесные стены указанной высоты могли возникнуть только при очень большой, фактически не наблюдаемой, прочности пород, одновременно с раздвиганием

или вместо него образуются наклонные скошенные плоскости скольжения, вдоль которых края обеих частей глыбы, сопровождаемые многочисленными локальными землетрясениями, погружаются в грабен с такой же скоростью, с какой он открывается.

Таким образом, грабен всегда развивается только до средней глубины; дно грабена состоит из сброшенных глыб тех же пород, какие находятся вверху на обеих его сторонах. На этой стадии разлом грабена еще изостатически не компенсируется, как это характерно, по Э. Кольшюттеру [184], для большей части молодых восточно-африканских грабенов. Здесь имеется некомпенсированный дефицит массы; в связи с этим наблюдается соответствующая гравитационная аномалия и, кроме того, оба края грабена поднимаются вверх до изостатического равновесия, так что возникает впечатление будто грабен проходит в продольном направлении сквозь своеобразное вздутие. Известными примерами таких краевых вздутий являются Шварцвальд и Вогезы по обеим сторонам Верхнерейнского грабена. Если, наконец, трещина разверзнется настолько глубоко, что под ней останутся только более пластичные нижние слои сиаля, то они и расположенная под ними вязкотекучая сима поднимутся, так что существовавший дефицит массы будет скомпенсирован. В этой фазе грабен оказывается компенсированным изостатически как целое. При дальнейшем раскрытии дно трещины сначала целиком заполняется вытянутыми снизу массами пластичных нижних слоев сиалических глыб, покрытых обломками более хрупких верхних слоев, а затем, наконец, при дальнейшем разделении, появляются симатические окна. У огромного грабена Красного моря развитие зашло так далеко, что, как нашли Триульци и Геккер, здесь уже произошла изостатическая компенсация.

То обстоятельство, что верхние слои сиаля значительно более хрупки, чем глубокие, объясняет тот примечательный факт, что соединенные в прошлом края глыб остаются конгруэнтными даже тогда, когда между ними лежат сиалические массы, казалось бы, препятствующие гладкому стыку глыб. Например, восточное побережье Мадагаскара, так же как западное побережье Индостана, обнаруживает поразительно прямолинейный разлом с обеих сторон гнейсовых плато, позволяющий сделать вывод о том, что обе части когда-то были взаимосвязаны. Однако между ними лежит дугообразный шельф Сейшельских островов, который, очевидно, также состоит из сиаля (острова сложены из гранита), и при реконструкции его следовало бы вдвинуть в этот зазор. Но мне кажется, что мы здесь, вероятно, имеем дело с более пластичным материалом глубоких сиалических слоев, который был извлечен в процессе разделения континентов и поэтому при реконструкции должен был помещаться под обеими частями глыбы. Это, конечно, не исключает возможность того, что он был покрыт более мелкими поверхностными обломками. Подобное соображение относится также к Средне-Атлантическому валу и некоторым другим областям, что важно учитывать, иначе в некоторых местах может показаться загадочным, почему контуры разделенных глыб могут быть почти точно конгруэнтными, в то время как между ними еще лежат беспорядочно расположенные массы сиаля.

Из такой схемы латерального извлечения нижних пластичных слоев сиаля можно сделать вывод, что окраины расколотых континентальных

глыб часто попадают на дно глубокого моря в виде ряда сбросовых уступов, проходящих параллельно краю континента; и часто в своей верхней, доступной исследованию части они производят впечатление «флексур», т. е. нависающей поверхности. Однако мы не имеем возможности останавливаться здесь на этих деталях.

Особый вид механических сил должен действовать на краю пластичных континентальных глыб в том случае, если они находятся под покровом внутриматерикового льда. Если нагрузить пластичную лепешку, то, стремясь уменьшить свою толщину и расшириться в горизонтальном направлении, она получит радиальные трещины на краях. Этим объясняется образование фьордов, которые наблюдаются в поразительном однообразии на всех побережьях, когда-то подвергавшихся оледенению (Скандинавия, Гренландия, Лабрадор, тихоокеанское побережье Северной Америки севернее 48° и Южной Америки южнее 42°, а также Южный остров Новой Зеландии). Уже Грегори [185] в своем обширном исследовании (к сожалению, недостаточно оцененном) объяснял образование фьордов за счет разломов. По моим собственным наблюдениям в Гренландии и Норвегии, я считаю неправильным все еще широко распространенное объяснение генезиса фьордов как эрозионных долин.

На основании многочисленных промеров глубин у атлантических материковых окраин было обращено внимание на своеобразное явление, которое позволяет установить подводное продолжение речных долин. Так, долина реки Св. Лаврентия продолжается в примыкающем шельфе вплоть до океанических глубин, то же самое наблюдается и на реке Гудзон (ее долина прослежена до глубин 1450 м); на европейской стороне аналогичное явление наблюдается у устья реки Тежу, и особенно во впадине у Бретанского мыса, в 17 км севернее устья реки Адур. Наибольший интерес среди этих явлений представляет, пожалуй, жёлоб на продолжении реки Конго в Южной Атлантике (прослеживается до глубин 2000 м).

Согласно обычному объяснению, такие желоба должны представлять собой возникшие некогда на поверхности, а теперь затопленные эрозионные долины. Мне это толкование кажется совершенно неправдоподобным, во-первых, потому, что это потребовало бы слишком больших опусканий, во-вторых, ввиду повсеместного распространения таких желобов (при достаточном количестве промеров глубин они, вероятно, будут обнаружены у краев всех континентов) и, в-третьих, потому, что лишь определенная группа устьев рек отличается этой особенностью, тогда как для других устьев, находящихся между ними, характерны другие особенности. Мне кажется более правдоподобным рассматривать их как трещины материкового края, которые впоследствии были использованы реками. То, что русло реки Св. Лаврентия занимает трещину, установлено геологически бесспорно; возможно, то же представляет собой и впадина у Бретонского мыса, которая является внутренним концом раскрывающейся в виде книги глубоководной расщелины Бискайского залива.

Но самое интересное явление материковой окраины — это дуги островов, образовавшиеся у побережья Восточной Азии (рис. 51). Если мы посмотрим на их размещение в Тихом океане, то увидим обширную систему. Если считать Новую Зеландию бывшей дугой, связанной с Австра-

лией, то все западное побережье Тихого океана окажется покрытым дугообразными гирляндами островов, в то время как восточное побережье их иметь не будет. В Северной Америке можно было бы, вероятно, увидеть в отделении островов между 50 и 55° широты, образовании береговой выпуклости у Сан-Франциско и в обособлении калифорнийской окраинной цепи еще неразвитое начало дугообразования. На юге Западная Антарктика может, по-видимому, считаться дугой (тогда, вероятно, двойной дугой). В целом, однако, феномен дуг указывает на перемещение западно-тихоокеанских материковых масс, которое было направлено приблизительно на запад—северо-запад, а по отношению к координатам, соответствующим положению полюса в плейстоцене, — примерно на запад. Это направление совпадает далее с продольной осью Тихого океана (Южная Америка—Япония) и с главным направлением цепей древних тихоокеанских островов (Гавайские, Маршалловы, острова Товарищества и др.). Глубоководные желоба, включая жёлоб Тонга, расположены в виде расщелин перпендикулярно к этому направлению перемещения, следовательно, параллельно дугам. Пожалуй, нет сомнения, что все эти явления находятся между собой в причинной зависимости.

Совершенно такие же островные дуги существуют также в Восточной Индии, и Южно-Антильская дуга между Огненной Землей и Землей Грейама может

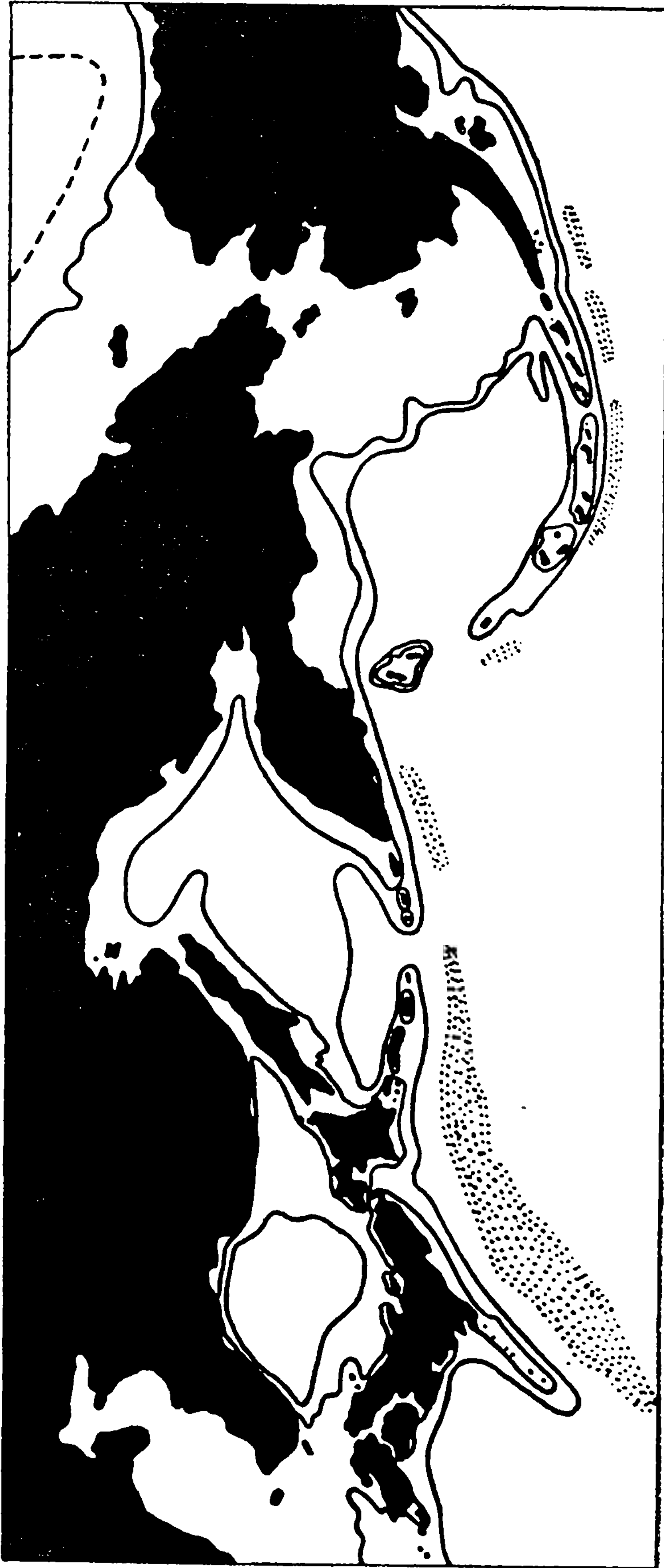


Рис. 51. Островные дуги Северо-Восточной Азии.

Указаны изобаты, соответствующие глубинам 200 и 2000 м; глубоководные желоба обозначены пунктиром.

также рассматриваться как свободная дуга, хотя и несколько в другом смысле.

Весьма примечательно единообразие кулисоподобного расположения дуг. Алеутские острова образуют цепь, которая на востоке, у Аляски, уже не является краевой цепью, а выходит из внутренней части материка. Они заканчиваются у Камчатки, откуда бывшая до этого внутренней Камчатская цепь образует вместе с Курилами внешнюю островную дугу. Последняя опять заканчивается у Японии, где примыкает к бывшей дотоле внутренней цепи Сахалин—Япония. И к югу от Японии можно проследить такое же расположение островов, пока соотношения

не становятся более запутанными у Зондских островов. На Антильских островах наблюдается точно такая же кулисообразность. Очевидно, что эта кулисообразная форма островных дуг является непосредственным следствием кулисообразности прежних краевых горных цепей материков и, следовательно, относится к рассмотренному раньше общему закону кулисообразности. Поразительно одинаковая длина островных дуг (Алеуты 2900, Камчатка—Курилы 2600, Сахалин—Япония 3000, Корея—Рюкю 2500, Флорида—Борнео 2500, Новая Гвинея—Новая Зеландия некогда 2700 км) [2] могла бы, вероятно, уже быть предсказана тектонически по расположению краевых гор.

Фудживара [195] специально занимался кулисообразным расположением японских вулканических цепей и пытался объяснить его вращением дна северной части Тихого океана против часовой стрелки (по отношению к предположительно неподвижной Азиатской глыбе). Поскольку всякое движение относительно, можно было бы допустить также, наоборот, движение окружающих материковых масс вокруг неподвижного дна Тихого океана в направлении, ориентированном по часовой стрелке. Это представляет интерес потому, что Северный полюс до геологически недавнего времени находился в Тихом океане, так что такое вращение материковых масс соответствовало бы в недавнее геологическое время их перемещению на запад. Я действительно считаю весьма вероятным, что кулисообразные краевые цепи Восточной Азии образовались благодаря такому перемещению материковых глыб в то время, когда полюс находился еще в Тихом океане.

Примечательное сходство островных дуг по геологическому строению упоминалось уже раньше; их выпуклая сторона всегда несет на себе ряд вулканов, являющихся, очевидно, следствием возникающего здесь при изгибе движения, которое выжимает включения симы. На вогнутой стороне, наоборот, распространены третичные отложения, в то время как они отсутствуют на соответствующем берегу материка. Это указывает на то, что отщепление дуги произошло только в самое позднее геологическое время и что островная дуга во время отложения этих осадков составляла еще край материка. В третичных отложениях повсюду наблюдаются значительные нарушения залегания в результате растяжения, вызванного изгибом и приводящего к образованию трещин и вертикальных разломов. Остров Хонсю вследствие слишком сильного изгиба испытал разлом в местности, которая называется Фосса Магна. То обстоятельство, что этот внешний край дуги оказался поднятым, вопреки общему погружению, связанному с растяжением, указывает на горизонтальное движение островной дуги. Его можно себе представить как результат того, что крайние точки дуги увлекаются перемещающейся на запад материковой глыбой, тогда как глубокие слои удерживаются симой. Океанические желоба, которые обычно находятся на внешнем краю дуг, по-видимому, связаны с тем же процессом. Раньше уже обращалось внимание на то, что эти желоба никогда не образовывались на свежеобнаженной поверх-

[2] Вест-Индские дуги, напротив, обнаруживают различия в длине: Малые Антилы — южный Гаити—Ямайка—банка Москито 2600, Гаити—южная Куба—материк более 1900, Куба 1100 км.

ности симы между материком и дугой, а всегда только на ее внешнем крае, следовательно, на границе старого океанического дна. Они появляются здесь в виде расщелины (трещины), одна сторона которой образована сильно охлажденным океаническим дном, уже затвердевшим до большой глубины, а другая сложена сиалическим материалом островной дуги. Образование такой краевой трещины между сиалем и симой было бы весьма понятно при учете сгибающего движения, которое мы рассматривали выше.

Далее, на нашем рис. 51 бросается в глаза выпуклая форма материкового края за островными дугами. Если помимо самой береговой линии мы рассмотрим также 200-метровую изобату, то обнаружим, что материковый край всегда дает зеркальное отражение S-образной формы, в то время как расположенная перед ней островная дуга образует простую вогнутость. Эти соотношения схематически представлены на рис. 52, *в*. У всех трех дуг на рис. 51 явление это выражено одинаково и имеет место, например, также на восточном крае Австралийского материка и его некогда существовавшей дуге, образованной юго-восточным выступом Новой Гвинеи и Новой Зеландией. Эти выпуклые береговые линии указывают на сжатие, параллельное побережью, и, следовательно, параллельное простиранию береговых гор. Их следует рассматривать как крупные горизонтальные складки. При этом речь идет о частном проявлении грандиозного сжатия, которое охватило всю Восточную Азию в направлении северо-восток—юго-запад. Если попытаться выпрямить эту извилистую линию восточно-азиатского материкового побережья, то расстояние между Индостаном и Беринговым проливом, составляющее теперь 9100 км, увеличится до 11 100 км.

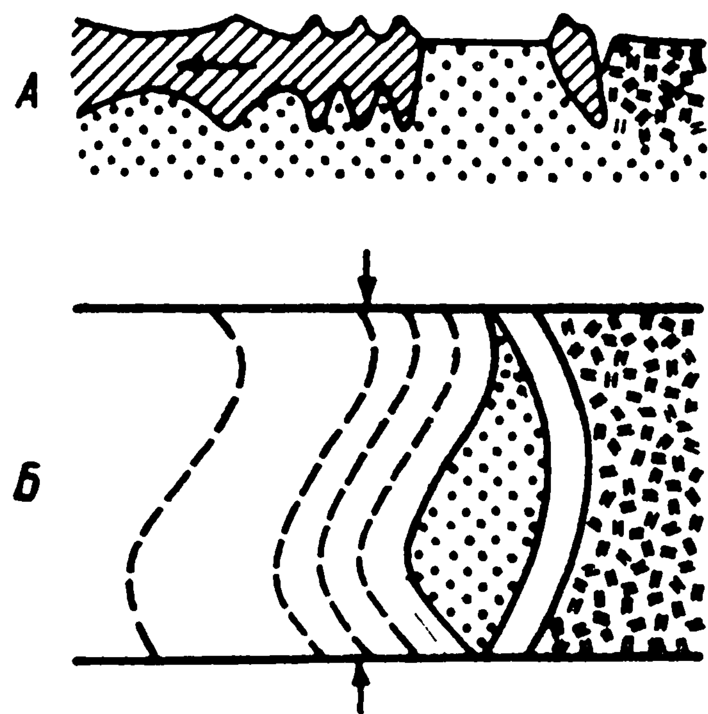


Рис. 52. Схема возникновения островных дуг.
А — поперечный разрез; *Б* — вид в плане (сильно охлажденная часть симы обозначена *черточками*).

По нашему мнению, островные дуги, в особенности восточно-азиатские, представляют собой краевые цепи, которые вследствие перемещения материковых масс на запад отделились от них, оставаясь припаянными к глубоко затвердевшему старому морскому дну. Между ними и материковым краем появилось новое, более молодое и еще достаточно подвижное океаническое дно в виде окон.

Эта концепция существенно отличается от представления Ф. фон Рихтгофена, который исходил, правда, из совершенно других предпосылок [186]. Он представлял себе возникновение дуг следствием растяжения земной коры, распространяющегося от Тихого океана. Вместе с широкой зоной соседнего материка, который характеризуется также дугообразным контуром берега и поднятиями, островные дуги должны были образовать большую систему разломов. Область между цепью островов и побережьем материка является первой «материковой ступенью», погру-

зившейся на западе ниже уровня моря в результате наклонного перемещения, тогда как на восточном крае она поднялась в виде выступа — островной дуги. На материке Ф. фон Рихтгофен предполагал существование еще двух таких ступеней, погружение которых было, однако, меньше. Правильная дугообразная форма этих разломов представляла, правда, некоторые затруднения для доказательства, но он полагал нейтрализовать их ссылкой на дугообразные выступы в асфальте и других материалах.

Следует все же признать, что эта теория имеет историческую заслугу в том, что она сознательно опровергала принятую в то время догму о действующем повсюду «сводовом давлении» и привлекала для объяснения структур растягивающие силы. Однако нет необходимости тратить много слов, чтобы показать ее несоответствие нашим современным знаниям. Именно карта глубин, несмотря на все свое несовершенство из-за недостаточного количества их промеров, решительно говорит за то, что между дугой и основной глыбой связь порвана.

При движении материковой глыбы не перпендикулярно к ее краю, как в Восточной Азии, а параллельно ему краевые цепи могут быть уничтожены сдвигом без образования между ними и основной глыбой окон симы. В принципе здесь речь идет о таких же явлениях, какие рассматривались внутри материковой глыбы на рис. 49 (с. 177), только перенесенных на край материка. Если глыба движется в направлении симы, то образуется краевая складчатость — либо надвиг, либо ступенчатые складки, в зависимости от направления движения. Если же она отодвигается от океанического дна, то краевые цепи откалываются. Если движение совершается под углом, то получается сдвиг: краевая цепь скользит вдоль границы материка. В этом случае краевая горная цепь оказывается припаянной к затвердевшему океаническому дну. На нашей карте глубин пролива Дрейка (см. рис. 26 на с. 100) этот процесс особенно хорошо виден у северного конца Земли Грейама. Подобным же образом самая южная цепь Зондских островов (Сумба—Тимор—Буру), которая раньше, видимо, составляла юго-восточное продолжение ряда островов, расположенных перед Суматрой, проскользнула мимо Явы, пока они не были захвачены надвигающейся глыбой Австралия—Новая Гвинея.

Другой пример — Калифорния. Калифорнийский полуостров обнаруживает на своих боковых выступах признаки волочения (рис. 53), свидетельствующие, очевидно, о продвижении материковых масс к юго-востоку. Острие полуострова утолщено в виде наковальни благодаря лобовому сопротивлению симы, полуостров в целом оказывается сильно укороченным, как это ясно видно при сравнении его с вырезом Калифорнийского залива. Его северная часть, по Виттиху [187], только недавно поднялась из моря до высоты более 1000 м, что является явным признаком сильного сжатия. Судя по очертаниям, едва ли можно сомневаться, что заостренный конец Калифорнии некогда действительно располагался в находящемся перед ним вырезе мексиканского побережья. На геологической карте и там и тут указываются «послекембрийские» интрузивные породы, идентичность которых, правда, еще не доказана.

Но кроме укорачивания самого полуострова, очевидно, происходило еще также и скольжение на север или, правильнее, отставание полуост-

рова при движении материка на юг относительно субстрата, в котором, вероятно, приняли участие примыкавшие к нему с севера береговые цепи. Так, образование большого выреза в береговой линии у Сан-Франциско объясняется сжатием. Это представление поразительным образом подтверждается существованием знаменитого разлома, с которым связано

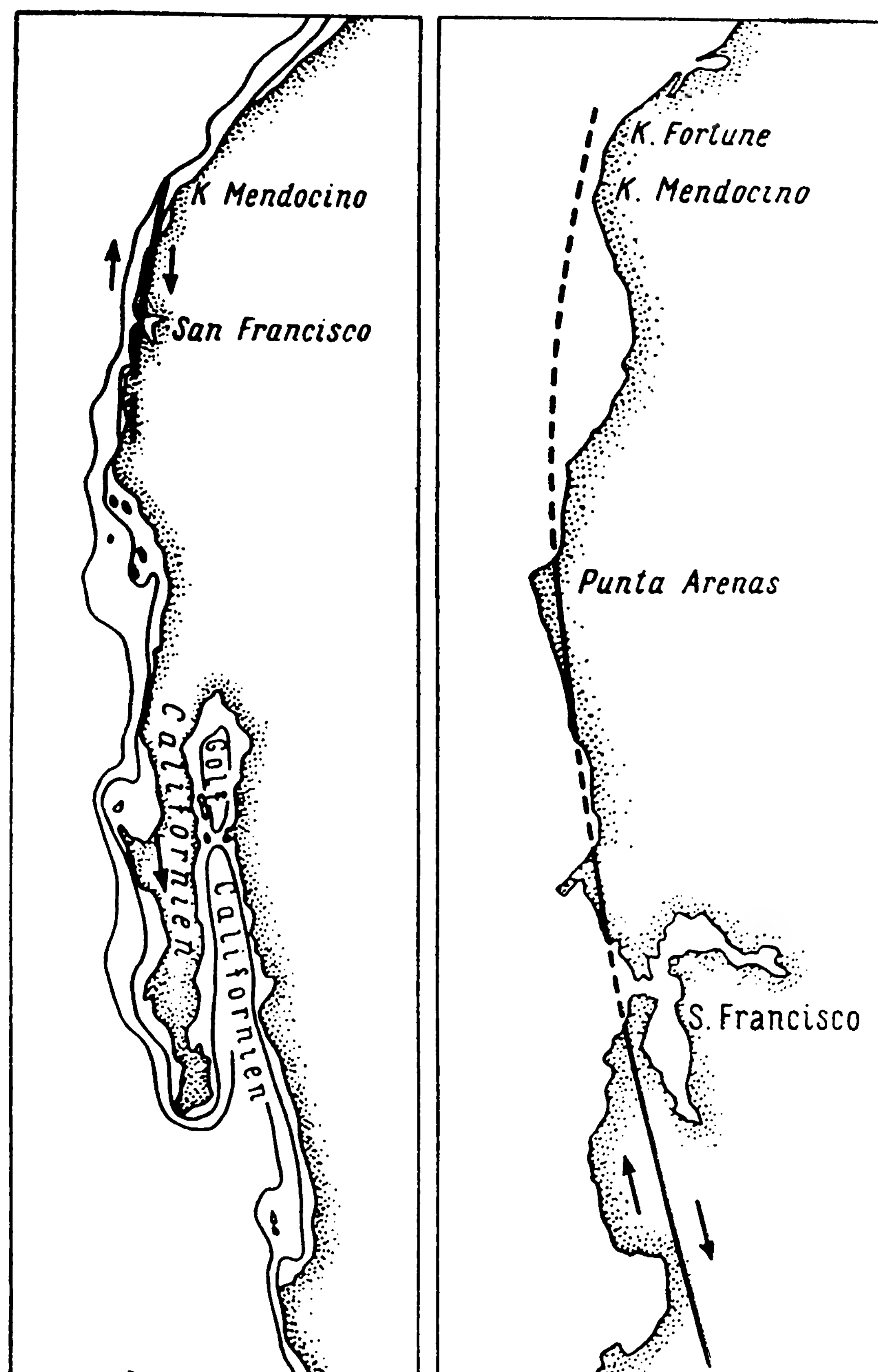


Рис. 53. Калифорния и разлом, сопровождавший землетрясение в Сан-Франциско.

землетрясение в Сан-Франциско 18 апреля 1906 г. Он изображен, по Рудзкому [15] и Тамсу [188], на нашем рис. 53. Сжатие произошло вследствие того, что восточная часть его устремилась на юг, а западная — на север. Как следовало ожидать, измерения показали, что размер этого внезапного перемещения по мере удаления от трещины постоянно уменьшался и на большом расстоянии уже не фиксировался. Земная кора, естественно, также находилась в медленном непрерывном движении перед тем, как произошел раскол. Эндрю К. Лоусон [189] сравнивал это движение за промежуток времени с 1891 по 1906 г. с направлением раскола и пришел к результату, изображенному на рис. 54, построенному

по наблюдениям на группе станций Пойнт Арена. Он показывает, что данный элемент поверхности за упомянутые 15 лет передвинулся по более поздней трещине от точки *A* до точки *B* на 0.7 м, затем процесс образования трещины разбил его, причем западная его половина передвинулась на 2.43 м к точке *C*, а восточная — на 2.23 м к точке *D*. В непрерывном движении между точками *A* и *B*, которое следует рассматривать относительно основной массы Северо-Американского континента, обнаруживается, что западный край материка вследствие его «припаянности» к симе

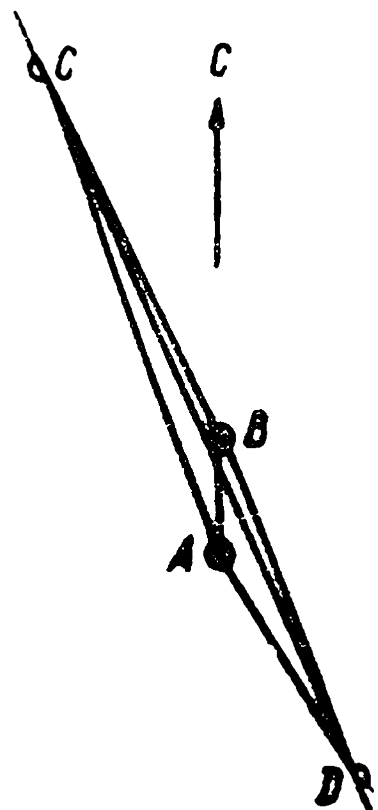


Рис. 54. Движение элемента поверхности, пересеченного трещиной (по Лоусону).



Рис. 55. Карта глубин моря вблизи Индокитая.

Указаны изобаты, соответствующие глубинам 200 и 2000 м; глубоководный желоб обозначен *пунктиром*.

Тихого океана постоянно оттягивается к северу. Внезапное смещение свидетельствует о том, что растяжение происходит скачками путем прерывистого снятия напряжений, однако материковая глыба в целом не перемещается.

В этой связи следует указать еще и на другую столь же интересную часть земной коры, которая, правда, еще не очень исследована, а именно на материковый край Индокитая (рис. 55). Здесь представляет интерес глубокая морская впадина, расположенная севернее Суматры. Изгиб полуострова Малакка соответствует северному обрыву Суматры, однако севернее этого острова невозможно покрыть оголенный в виде окна участок, в котором обнажены более глубокие слои, даже если мы выпрямим полуостров Малакка. На это же указывает расположенная впереди окна симы цепь Андаманских островов. Вероятно, мы можем предположить, что громадное сжатие Гималаев оказало давление на индокитайскую цепь в продольном направлении, так что под этим усилием цепь Суматры разорвалась у северного конца острова. Северная часть этой цепи (горы Аракан) была, как на канате, втянута на север в большой области сжа-

тия и продолжает втягиваться до сих пор. По обе стороны этого грандиозного сдвига должны были при этом образоваться поверхности скольжения. Весьма интересно, что припаянной к симе остается самая внешняя краевая цепь Андаманских и Никобарских островов, только вторая цепь претерпевает это необыкновенное перемещение.

Наконец, следует коротко напомнить об известном различии между «тихоокеанским» и «атлантическим» типами побережья. Атлантические побережья представляют собой сбросовые разломы на плоскогорьях, тогда как «тихоокеанские» характеризуются краевыми цепями и расположенными перед ними глубоководными желобами. К атлантическому типу относят также побережья Восточной Африки с Мадагаскаром, Индостана, Западной и Южной Австралии, а также Восточную Антарктику; к тихоокеанскому типу — западный берег Индокитая и Зондский архипелаг, восточный берег Австралии с Новой Гвинеей и Новой Зеландией и Западную Антарктику. Вест-Индия и Антильские острова также имеют тихоокеанский тип берегов. Как показал Мейсснер [190], тектоническому различию этих обоих типов соответствуют также различия в характере гравитационного поля. Атлантические побережья компенсированы изостатически, т. е. плавающие континентальные глыбы находятся здесь в равновесии. Напротив, у тихоокеанских побережий господствуют отклонения от изостазии. Далее, известно, что на атлантических побережьях сравнительно редко бывают землетрясения и встречаются вулканы, в то время как на тихоокеанских берегах и те и другие развиты широко. В тех случаях, когда на побережье атлантического типа появляется вулкан, его лавы, как это отмечал Бекке, постоянно отличаются по минералогическому составу от лав тихоокеанских, они тяжелее и богаче железом и, следовательно, происходят, по-видимому, с больших глубин.

По нашему представлению, атлантические побережья всегда были такими, какими они образовались вследствие раскола глыб в мезозое или частично даже значительно позже. Лежащее перед ними морское дно представляет собой, следовательно, сравнительно недавно обнажившийся глубинный слой и поэтому должно рассматриваться как относительно текучее. Именно по этой причине можно не удивляться, что эти побережья изостатически компенсированы. При дальнейших перемещениях материковые окраины испытывают вследствие большой текучести симы лишь незначительное сопротивление. Поэтому здесь не возникает ни складок, ни сжатий, так что нет ни краевых гор, ни вулканов. В этом районе не следует ожидать также землетрясений, так как сима достаточно текуча, чтобы допускать все необходимые движения непрерывно, путем чистого перемещения. Материки ведут себя здесь, выражаясь утрированно, как твердые льдины в текущей воде.

Земная поверхность дает нам много признаков того, что сущность вулканизма следует искать в пассивном выжимании включений симы через сиалическую кору. Лучше всего это демонстрируют изогнутые островные дуги. Здесь на внутренней вогнутой стороне происходит сжатие, а на выпуклой внешней — растяжение. В действительности их геологическое строение, как уже говорилось раньше, весьма однообразно: внутренняя сторона всегда имеет ряд вулканов, на внешней стороне вулканизма не наблюдается, но образуются многочисленные трещины и

сбросы. Это повторяющееся повсюду расположение вулканов настолько поразительно, что, по моему мнению, имеет решающее значение для выяснения их природы. Фон Лозински [191] пишет: «На Антильских островах можно различить одну внутреннюю вулканическую зону и две внешние, из которых самая внешняя состоит из более молодых отложений и уступает другим по высоте (Зюсс). Различие между внутренней зоной с ее интенсивным вулканизмом и внешней зоной с ослабленным вулканизмом отмечается на Молуккских островах (Броувер) и в Океании (Арльдт). Бросается в глаза аналогия с расположением вулканических зон на внутренней стороне зон надвига, подобных карпатским или варисцийским тыловым областям складчатой зоны». Положение Везувия, Этны, Стромболи соответствует этой схеме; из островов южной Антильской дуги между Огненной Землей и Землей Грейама сильно изогнутый срединный хребет Южных Сандвичевых островов является базальтовым, и один из его вулканов еще действует. На одну особенно интересную деталь Зондских островов мы указывали уже раньше: из обеих самых южных цепей островов только одна, изогнутая к северу, несет вулканы, тогда как южная (с островом Тимор), являясь внешней цепью, находится под влиянием растяжения и, кроме того, вследствие столкновения с австралийским шельфом изгибается в обратном направлении. Но в одном месте, влизи Ветара, северная цепь также немного изогнута, потому что южная (северо-восточный конец Тимора) давит на нее. Именно в этом месте вулканизм на северной цепи, который раньше здесь действовал, угас, очевидно, потому, что тут произошел изгиб цепи в другую сторону. Броувер обращает внимание также на то, что поднятые коралловые рифы встречаются только там, где вулканизм отсутствует или затух, что также свидетельствует о сжатии (скучивании) этих областей. Вывод, сначала кажущийся парадоксальным, что вулканизм прекращается там, где начинается сжатие, находит себе в рамках наших представлений отчетливое объяснение.

Можно предполагать, что в древнейшие геологические периоды сиалическая оболочка еще окутывала всю Землю. Она могла в то время иметь лишь одну треть современной толщины и, вероятно, была покрыта «Панталассой» (Всемирным морем), среднюю глубину которого А. Пенк исчисляет в 2.64 км. Этот океан оставлял открытыми лишь немногие участки земной поверхности или вообще покрывал ее целиком.

Достоверность такого предположения подтверждают во всяком случае два обстоятельства, а именно: развитие жизни на Земле и тектоническое строение материковых глыб.

Штейнман [192] пишет: «Едва ли кто-либо серьезно сомневается в том, что жизнь в пресной воде, а также на суше и в воздухе произошла из моря». До силура мы не знаем животных, дышащих воздухом; самый древний остаток наземного растения известен из верхнего силура Готланда. По Готану [193], еще в раннем девоне известны только моховидные растения без настоящей листвы: «Следы настоящей, широколиственной флоры редки в раннем девоне. Почти все растения были маленькими травянистыми и неустойчивыми». Напротив, в позднем девоне флора была уже похожа на карбоновую «вследствие появления больших, развитых листьев с прожилками, благодаря осуществившемуся к этому вре-

мени „разделению труда“ между частями растения в смысле формирования несущих и ассимилирующих органов... Характер флоры раннего девона, ее низкая организация, малые размеры и т. д. наводят на мысль. что наземная флора происходит из воды. В этом смысле уже высказывались Потонье, Линглер, Арбер и др. Прогресс, наблюдаемый в позднем девоне, следует рассматривать как приспосабливание к новому образу жизни на суше, в воздухе».

С другой стороны, если разгладить все складки на материковой глыбе, то сиалическая кора действительно настолько увеличится, что сомкнется вокруг всей Земли. В настоящее время материковые глыбы с их шельфами занимают лишь одну треть земной поверхности, но уже для карбона мы имеем значительно большее пространство (приблизительно до половины поверхности Земли). И чем дальше углубляемся мы в историю Земли, тем более интенсивные процессы складкообразования обнаруживаются при исследовании. Е. Кайзер [34] пишет: «Большое значение имеет то, что древнейшие архейские породы повсюду на Земле сильно дислоцированы и собраны в складки. Только, начиная с альгонка, кое-где наряду со складчатыми встречаются нескладчатые или слабоскладчатые отложения. Если же мы перейдем к постальгонкскому времени, то увидим, как все более увеличиваются размеры и число жестких массивов и соответственно снижается доля поддающихся смятию участков коры. Это, в частности, относится к появлению устойчивых масс в карбоне и перми. В послепалеозойское время складкообразующие силы постепенно ослабевали с тем, чтобы снова пробудиться в раннеюрское и меловое время и достичь новой кульминации в раннетретичное. Характерно, однако, что область распространения этих наиболее молодых крупных горообразований значительно меньше, чем область даже карбоновой складчатости».

Согласно этому, предположение о том, что сиалическая сфера охватывала когда-то в прошлом всю Землю, во всяком случае не противоречит другим взглядам. Эта сдвигаемая и сама по себе пластичная земная оболочка, с одной стороны, была разорвана, с другой — сжата силами, природа которых обсуждалась в девятой главе. Возникновение и расширение глубоководных впадин океана представляет собой, следовательно, лишь одну сторону этого процесса, другая сторона его заключается в складкообразовании. Биологические данные также как будто говорят о том, что глубоководные бассейны сформировались в ходе истории Земли. Так, Вальтер [194] пишет: «Общие биологические основания, стратиграфическое положение современной глубоководной фауны, а также тектонические исследования наталкивают нас на мысль, что глубоководные бассейны как среда жизни не являются первозданной характеристикой Земли с древнейшего времени и что их формирование совпадает с тем временем, когда на всех участках современных материков начали проявляться складкообразовательные тектонические движения, существенно преобразовавшие рельеф земной поверхности». Начальные разрывы в сиалической сфере, по которым впервые выступила на поверхность сима, были, вероятно, похожи на те, которые ныне образуют восточно-африканские грабены. Они раскрывались тем шире, чем больше прогрессировала складчатость сиаля. Это был процесс, который мы можем примерно сравнить со складыванием в гармошку бумажного шара-фонарика (лампи-

она).* При раскрытии створок такого фонарика его обратная сторона сминается в складки. Весьма вероятно, что именно таким образом площадь считающегося очень древним Тихого океана была первой лишена своего сиалического покрова. Не исключено, что проявления древней складчатости в гнейсовых массивах Бразилии, Африки, Индостана и Австралии были компенсирующим процессом, эквивалентным такому раскрытию Тихого океана.

Процессы сжатия сиалической геосферы должны были, естественно, повлечь за собой ее утолщение и тем самым подъем ее поверхности, тогда как глубоководные бассейны одновременно становились обширнее. Затопление континентальных глыб водой океана должно было поэтому в целом уменьшаться в ходе истории Земли, если не принимать во внимание перемены в их местоположении. Этот закон общепризнан. Это также видно на трех наших картах—реконструкциях (с. 29—34).

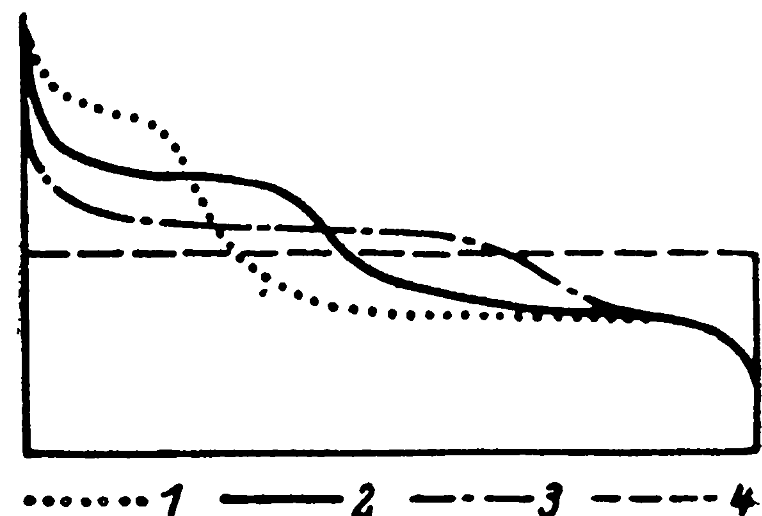


Рис. 56. Прежняя и будущая гипсометрические кривые поверхности Земли.

1 — для будущего; *2* — для настоящего времени; *3* — для прошлого; *4* — в первоначальном состоянии (соответствует среднему уровню земной коры).

Важно иметь в виду, что процесс развития сиалической коры должен был быть односторонним, несмотря на изменения в характере действующих сил. Дело в том, что растягивающие силы не могут снова разгладить складки материковой глыбы; в крайнем случае они могут лишь разорвать их. Переменное действие сжимающих и растягивающих сил, следовательно, не в состоянии само по себе ликвидировать результаты своего проявления. Напротив, оно порождает одностороннее прогрессирующее последствие: сжатие (скучивание) и раздробление материков на части. Сиалический покров в ходе истории Земли становится все меньше по площади и одновременно толще. Вместе с тем он также все больше расчленяется. Эти два процесса дополняют друг друга и являются следствием одной и той же причины. На рис. 56 изображены гипсометрические кривые, которые, согласно вышеизложенному, следует предположить для прошлого и будущего и принять для настоящего времени. Средний уровень коры представляет собой в то же время первоначальную поверхность еще не разорванной сиалической геосферы.

---

* Шар-фонарик (лампион). Речь идет о распространенной в Германии детской игрушке — полом шарике из гофрированной бумаги, в который помещается свечка. Шарик с зажженной свечкой внутри подвешивается к палочке и служит детям при увеселительных ночных прогулках своеобразным фонариком.

Складки на поверхности шарика, подобно меридианам на глобусе, сходятся в двух точках (полюсах). Меридиональный разрез шарика от полюса к полюсу делит его как бы на две створки, раздвигая которые, шарик можно сложить в дугу — гармошку. — *Примеч. пер.*

С другой стороны, существует возможность рассматривать бассейн Тихого океана как след отделения Луны от Земли, согласно идеям Дарвина. Если такое событие происходило, то часть сиалической коры Земли должна была быть утрачена. Единственный способ прийти к какой-либо оценке состоит, по моему мнению, в том, чтобы попытаться оценить степень сжатия сиалических глыб. Но для этого, видимо, пока еще нет возможности.

Глава одиннадцатая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ДНА ГЛУБОКИХ МОРЕЙ

Морфологически глубоководная область противостоит континентальным глыбам как единое целое. Но глубины трех больших океанов не совсем одинаковы. Коссинна [29] подсчитал по батиметрическим картам Гролла среднюю глубину Тихого океана как 4028 м, Индийского — 3897 м и Атлантического — 3332 м. Достоверную картину такого соотношения глубин дает также распределение глубоководных отложений (рис. 57), на что в свое время указывал лично мне Крюммель. Распространение красной глубоководной глины и радиоляриевого ила, этих подлинно «абиссальных» (глубоководных) отложений, ограничено Тихим океаном и восточной частью Индийского, в то время как дно Атлантики и западной части Индийского океана покрыто «эпилофическими» осадками, относительно большее содержание извести в которых причинно связано с меньщей глубиной. То обстоятельство, что эти различия в глубинах имеют не случайный, а систематический характер и что они связаны с различием между «атлантическим» и «тихоокеанским» типами побережья, лучше всего видно на примере Индийского океана. Рельеф берегов в его западной части имеет атлантический, а в восточной тихоокеанский характер. Здесь же восточная половина значительно глубже, чем западная. Такое положение вещей представляет для теории дрейфа особый интерес, так как взгляд на карту убеждает, что наиболее древние участки дна имеют наибольшую глубину, тогда как обнажившиеся в относительно недавнее время — наименьшую глубину. Так неожиданным образом на рис. 57 мы можем наблюдать следы дрейфа.

О причине этого различия глубин мы в настоящее время еще не располагаем обоснованными представлениями. С одной стороны, она может быть связана с различием физического состояния, с другой, однако, — и с различием материала. Физически древние и молодые глубоководные донные образования могут отличаться друг от друга как температурой, так и агрегатным состоянием. Если удельный вес материала составляет 2.9 и если принять объемный коэффициент расширения для гранита равным 0.0000269, то при повышении температуры на 100° удельный вес этого материала изменился бы до 2.892. Разница температуры двух участков глубоководного дна в 100°, выдержанная до глубины 60 км, при условии изостатического равновесия между этими участками должна была бы, следовательно, соответствовать разнице в толщине участков,

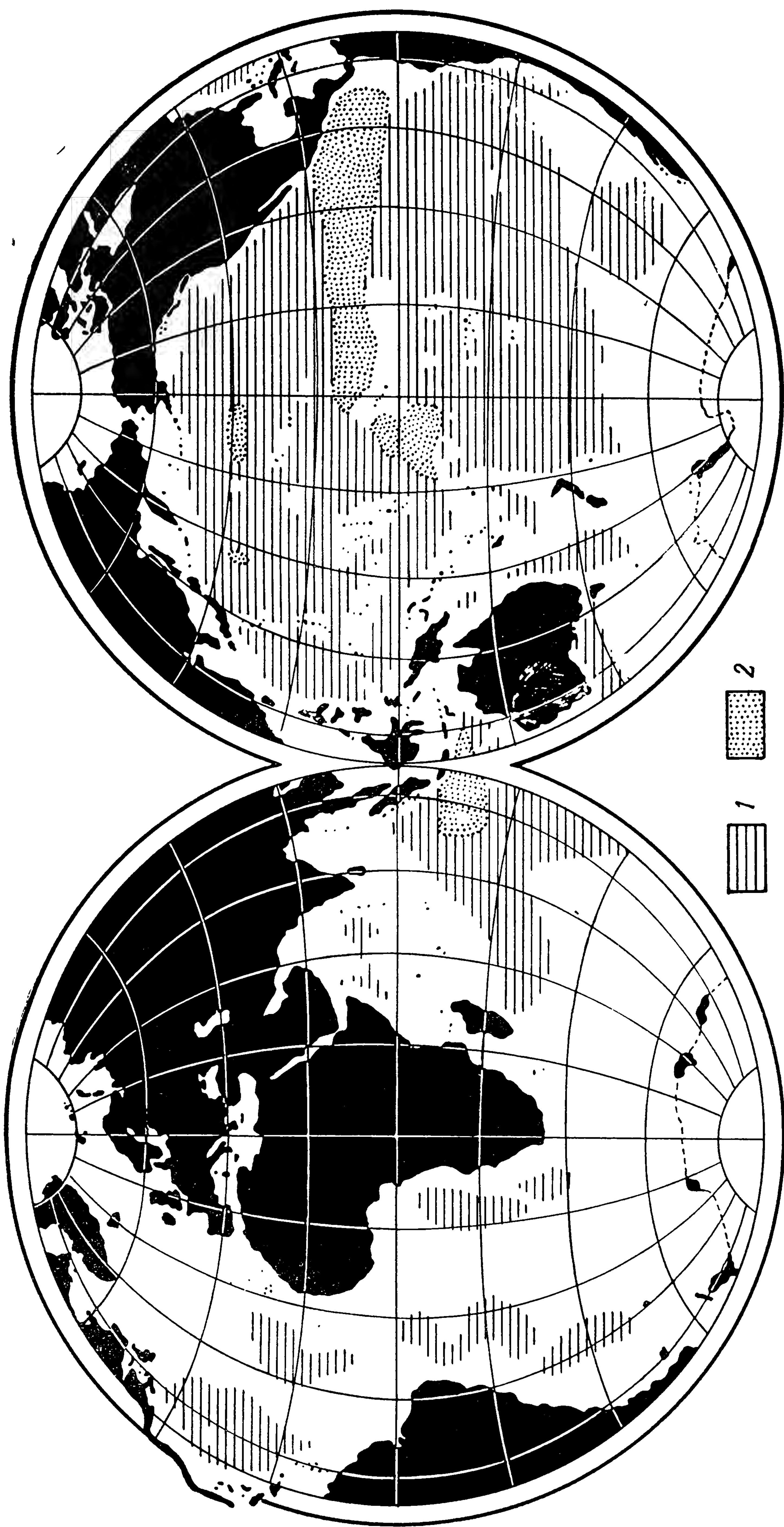


Рис. 57. Карта глубоководных осадков (по Крюммелю [30]).

1 — абиссальные красные глины; *2* — радиоляриевые илы.

равной 160 м. Более нагретый участок дна был бы расположен выше другого на такую величину.

С другой стороны, не исключено, что у сравнительно недавно обнажившегося дна глубоководной впадины покров, состоящий из застывших кристаллических пород, значительно тоньше, чем у древнего. Этим также могут быть обусловлены различия в удельном весе материала, а следовательно, и в глубине дна. В-третьих, даже если представить, что все океанические бассейны возникали аналогичным образом, то можно при большом различии во времени их возникновения предположить и различие в материале. В течение длительного геологического времени состав магмы мог изменяться и, вероятно, действительно изменялся (например, в силу прогрессирующих процессов кристаллизации или каким-либо другим путем). И, наконец, поверхность симы может быть неравномерно покрыта вязкими остатками нижних частей континентальных глыб, а также продуктами дробления их краевых частей.

Наши представления о материале или материалах, с которыми мы имеем дело на глубоководном дне, в настоящее время, как уже говорилось, непрерывно меняются. Поэтому не стоит приводить в данном случае все мнения, высказанные по этому поводу. Я хотел бы ограничиться только рассмотрением наиболее хорошо изученного Атлантического океана, тем более что Средне-Атлантический вал представляет собой явление, которому теория дрейфа должна найти объяснение.

Уже давно обратили внимание на то, что на обширных пространствах дна часто наблюдаются поразительно малые перепады в рельефе. Такие удивительно плоские глубоководные районы до сих пор были обнаружены главным образом при проведении серий измерений глубин, следующих через небольшие интервалы и выполненных при прокладке кабелей. Так, например, Крюммель [30] указывает, что в Тихом океане на участке длиной в 1540 км между островами Мидуэй и Гуам все 100 измерений глубины попадали в интервал между 5510 и 6277 м. На отрезке длиной 180 км при средней глубине 5938 м наибольшие отклонения при 14 измерениях глубин составили только +36 и —38 м. На другом отрезке длиной в 550 км при средней глубине 5790 м наибольшие отклонения по 37 измерениям были +103 и —112 м. Такие серии частых замеров глубин в последнее время удобнее всего получать с движущегося судна с помощью эхолота. Новый вклад в исследование Атлантики в ближайшее время внесут многочисленные профили, отснятые германской экспедицией «Метеор». По первому эхопрофилю через Атлантический океан, полученному американцами, на рис. 58 я изобразил западную часть океана. В этом месте профиль пересекает глубоководный бассейн Саргассова моря в его самой северной части [197], где оно между 58 и 47.5° долготы (на протяжении 930 км) обнаруживает максимальные отклонения от средней глубины (5132 м) только на —121 и +108 м. На отдельных участках это постоянство глубин еще более заметно. Так, например, восемь последовательных измерений (с интервалами в 28 км) лежали между 2780 и 2790 морских саженей при предельной точности замеров в 10 саженей.*

* Морская сажень (fathom) равна 1.83 м. — *Примеч. пер.*

В отличие от этого единообразия глубин остальные профили, пройденные все еще по глубоководью, но на более мелких участках маршрута, выявляют неровности дна океана.

Из этого я сделал вывод, что в районе Саргассова моря, где глубина столь постоянна, обнажена поверхность симы, тогда как другим частям с неровным рельефом дна предположительно соответствует сиалический покров непостоянной и в общем значительно меньшей мощности, чем у континентальных глыб. Если, исходя из этого, предположить, что все части океанического дна, расположенные глубже 5000 м, приблизительно соответствуют обнаженным поверхностям симы, то рис. 59 можно рассматривать как иллюстрацию распределения выходов сиаля и симы на поверхности дна Атлантического океана.[1]

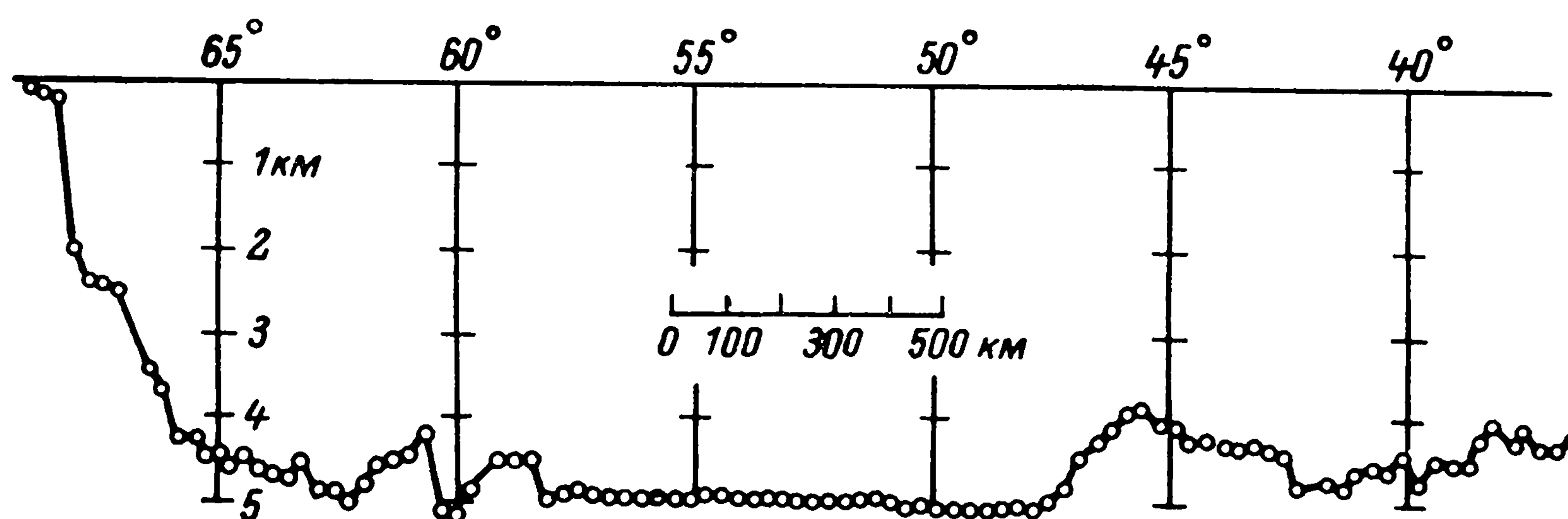


Рис. 58. Западная часть американского профиля эхолотирования через Северную Антарктику, без шельфа.

При этом, однако, возникают некоторые затруднения. Ибо если мы предположим, что эти сиалические массы представляют собой остатки разрушившейся при разделении материков полосы, то она получится чрезмерно широкой. По нанесенной на рис. 59 линии первого трансатлантического профиля измерения глубин эхолотом, например, мы имели бы дело с разбросанными обломками в виде полосы шириной в 1300 км. В Южной Атлантике мы, однако, получили бы меньшие значения, так как Средне-Атлантический вал в этом месте у́же и граничит с глубоководными бассейнами не только на западе (как в случае упо-

[1] Гутенберг, исходя из такого же предположения, что имеет смысл принимать во внимание только два материала — сиаль и симу, высказал другое мнение и противопоставил его теории дрейфа в качестве «теории текучести» [196]. Он полагает, «что одна единственная сиалическая глыба плавает на симе; последняя же обнажается только в Тихом океане». Таким образом, он причисляет дно Атлантики и Индийского океана к континентальной глыбе и предполагает, что в этом месте вследствие текучести она стала вдвое тоньше. Однако такой вывод нельзя считать правильным. Если даже не принимать во внимание вес имеющейся воды, то глубина Атлантического и Индийского океанов должна была бы в этом случае составлять половину глубины Тихого; благодаря наличию воды разница увеличивается еще больше по изостатическим причинам. Таким образом, концепция Гутенберга опровергается морфологическим единообразием всего океанического дна и его отличием от континентальных глыб. Также и мысленное сближение материков в реконструкции на половину их теперешнего расстояния не согласуется с данными геологии, биологии и палеоклиматологии; наконец, поразительная конгруэнтность (соответствие контуров) современных краев материковых глыб осталась бы загадочной. Остальные соображения изложены выше.

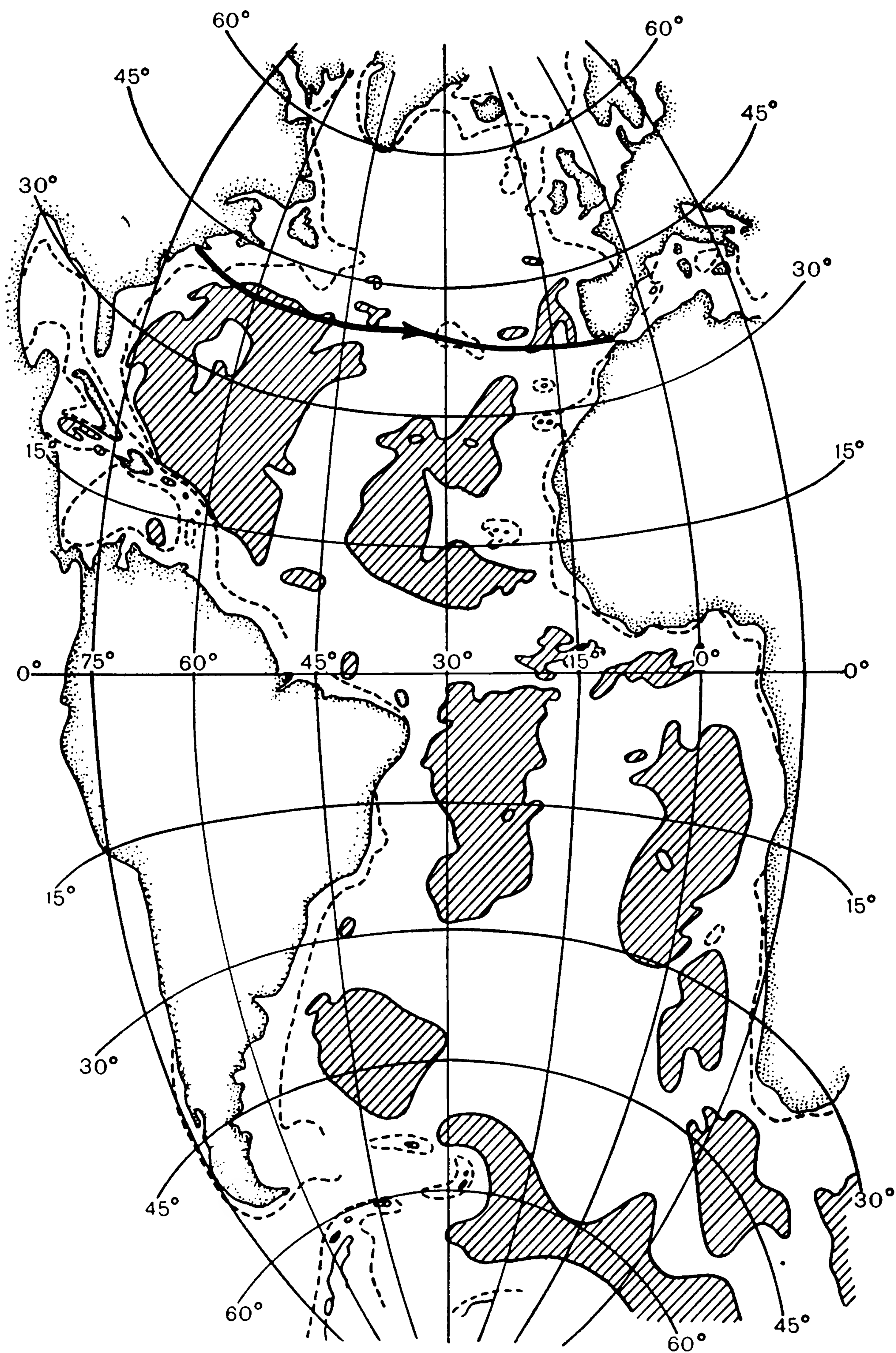


Рис. 59. Площади дна Атлантики, расположенные на глубинах более 5000 м.

мянутой выше линии профиля), но и на востоке. Более точные оценки можно будет дать на основе измерения глубин эхолотом, произведенного экспедицией на судне «Метеор». Но и в этом случае, пожалуй, мы все же получили бы распавшуюся на обломки промежуточную область шириной примерно в 500—800 км. Хотя это и не является явным абсурдом, но все же представляется мне излишне большой величиной. Отчетливо бросающаяся в глаза конгруэнтность, т. е. соответствие контуров материкового склона современных краев глыб Южной Америки и Африки, все же, видимо, показывает, что эти края когда-то находились в довольно непосредственной связи. С затруднениями такого рода, хотя и не очень значительными, мы сталкиваемся при реконструкциях в различных других местах.

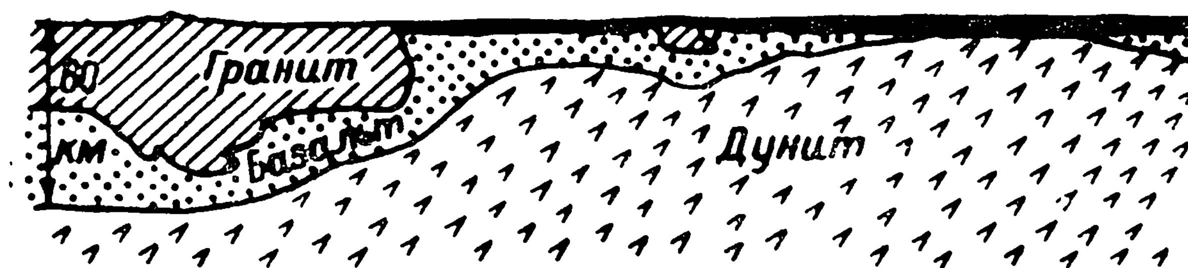


Рис. 60. Идеализированный разрез континентальной глыбы и дна глубоководной части океана.

В настоящее время мне кажется наиболее вероятным, что это небольшое несоответствие обусловлено тем, что мы учитываем только два слоя — сиаль и симу, тогда как в действительности строение верхних слоев Земли является более сложным. Если, однако, принять в соответствии со все более отчетливо выявляемыми новейшими геофизическими исследованиями, что континентальные глыбы до глубины 30 км представлены гранитами, а ниже, до 60 км, базальтами, которые в свою очередь сменяются ультраосновными породами (дунитом), то мы найдем объяснение, которое вполне удовлетворительно соответствует всем известным фактам. На самом деле гранитные плиты материков разорваны, как это предполагается теорией дрейфа, если не считать некоторых расплавленных на глубине участков и обломков, отколовшихся от краев плит при их разделении, которые теперь в виде островов выступают на Средне-Атлантическом вале. Если бы базальтовый слой под гранитом действительно, как это предполагается, был более текучим, то при все продолжавшемся раскрытии атлантической трещины он должен был бы подниматься по ней и в дальнейшем непрерывно растекаться вслед за расходящимися ее краями; таким образом, вначале базальтовый слой, видимо, повсюду образовал дно океана и до сих пор, вероятно, слагает бóльшую его часть. Однако при продолжавшемся раскрытии трещины текучесть даже этого материала должна была оказаться недостаточной, и в виде отдельных окон должен был обнажиться подстилающий его дунит (см. рис. 60). В Северном море, где разделение глыб еще не зашло далеко, дно, если не считать гранитных останцов, вероятно, целиком состоит из базальта, который в этом районе еще должен иметь значительную мощность. На обширных пространствах Тихого океана, напротив, дуниты должны быть обнажены на довольно больших площадях, тогда как более мелкие участки и здесь еще имеют ба-

зальтовый покров, местами, возможно, даже несущий на себе останцы гранита.

Конечно, эта картина является пока совершенно гипотетичной. Однако по совокупности геологических, биологических и палеоклиматических аргументов я полагаю, что необходимо придерживаться моего первоначального предположения о прошлой довольно непосредственной связи континентальных глыб. Новые геофизические исследования, как было показано, этому ни в коей мере не противоречат. Наоборот, они, по-видимому, способны устранить затруднение, заключающееся в том, что между такими раньше, судя по их очертаниям, непосредственно соединенными

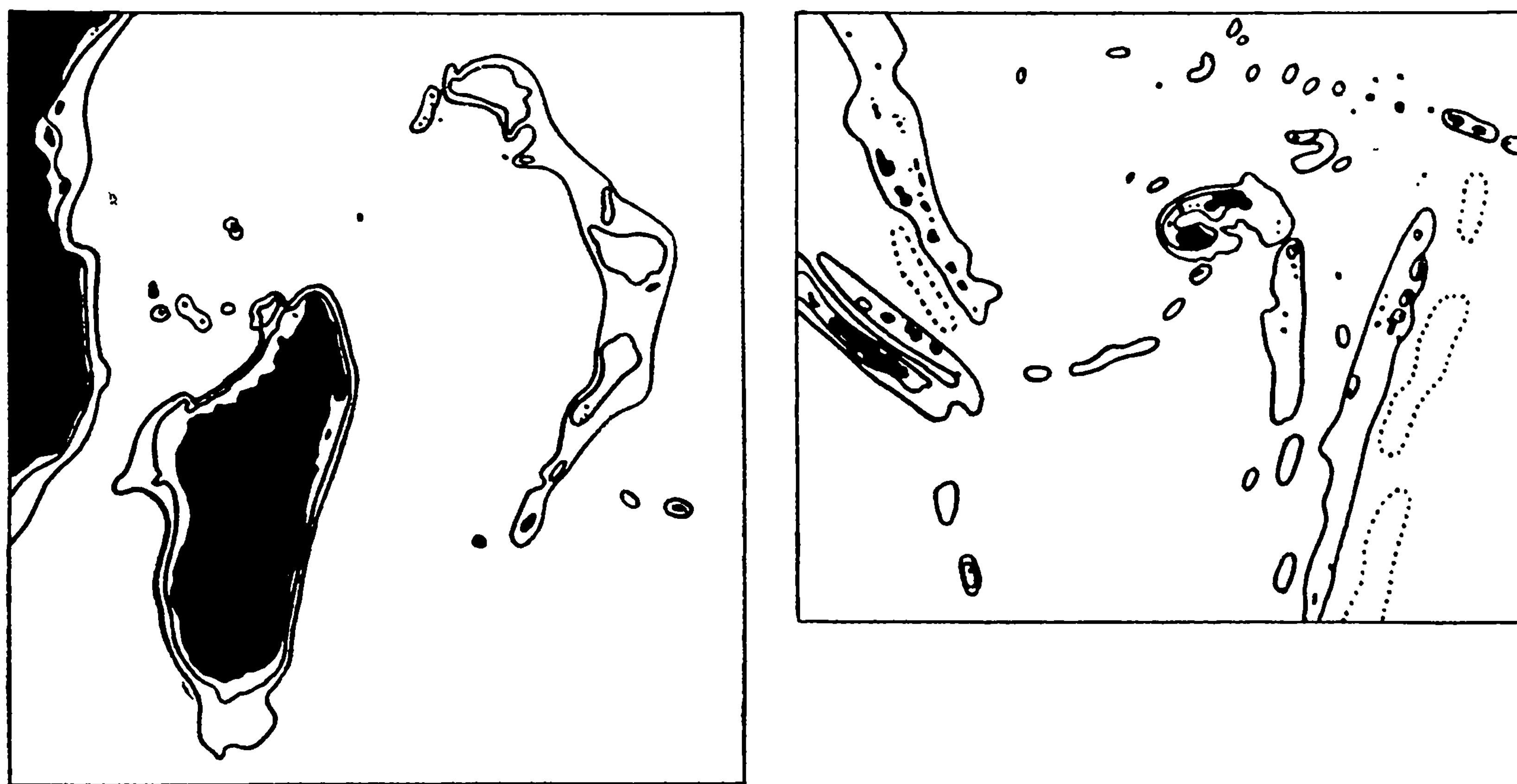


Рис. 61. Мадагаскар и Сейшельская банка. Внизу — о-ва Фиджи.
Указаны изобаты 200 и 2000 м; глубоководный желоб обозначен пунктиром.

глыбами ныне на дне местами располагаются нерегулярные хребты типа Средне-Атлантического вала. То обстоятельство, что иногда и сами континентальные глыбы, как утверждает Гутенберг, в потоке симы могли «исказиться», не оспаривается; мы использовали это представление в различных случаях, как, в частности, для района Эгейского моря. Однако способность течь, в полном смысле этого слова, вероятно, и здесь ограничивается более глубокими слоями, тогда как поверхностные слои дробятся на глыбы по разломам.

Поскольку в настоящее время геофизики еще не пришли к единому мнению в вопросе о том, в какой степени материал, слагающий глубоководное дно, соответствует базальту или дуниту, мы ради краткости снова возвратимся к чисто формальному различию между сиалем и симой.

Если сима действительно — вязко-текучая субстанция, то было бы странным, если бы ее способность течь проявилась лишь в отклонениях потока вблизи дрейфующих сиалических глыб; вероятно, непосредственно и сама сима должна была течь. Наблюдаемые в некоторых местах на карте искаженные формы цепей островов, первоначально имевших, по-видимому, прямолинейные очертания, дают непосредственное наглядное представление о таких довольно локальных течениях симы.

На рис. 61 приводятся два примера таких деформаций: Сейшельские острова и острова Фиджи. Серповидный шельф Сейшельских островов, на котором некоторые острова сложены гранитами, не прикладывается ни к Мадагаскару, ни к побережью Индостана; их прямолинейные контуры скорее всего указывают на существовавшую некогда непосредственную связь. Поэтому в данном случае можно предположить, что мы имеем дело с расплавленными, поднявшимися с нижней стороны глыбы сиалическими массами, которые затем были перемещены подкоровым потоком симы и проделали довольно большой отрезок пути в направлении Индостана. Этот поток симы, за которым следует также и Мадагаскар, «бежит» точно по следу Индостана. Возможно, он порожден перемещением последнего, но, может быть, наоборот, порождал перемещение, на что указывает отрыв и смещение о-ва Цейлон от Индостана. Движение в жидкостях, даже в вязких, редко отличается настолько простым видом, чтобы можно было четко разграничить причину и следствие, а наши знания об этих вещах имеют еще слишком много пробелов. Поэтому нелепо требовать от теории дрейфа, чтобы она могла включить в свою систему любое проявляющееся относительное движение и объяснить его. Мы рассматриваем эти примеры только для иллюстрации явлений, порожденных течениями в симе. О наличии таких течений свидетельствуют в особенности загнутые концы дугообразной полосы шельфа.* Они показывают, что движение потока симы ослабевает по обе стороны от средней линии Мадагаскар—Индостан. Можно заметить также, что поток подкорового течения наиболее интенсивен в свежеобнаженной симе, тогда как более древние участки глубоководного дна к северо-западу и юго-востоку от нее двигаются медленнее. Второй чертеж на рис. 61 относится к группе островов Фиджи. В этом месте шельф имеет в плане форму, напоминающую спиральную туманность с двумя рукавами. Это позволяет сделать вывод о спиральном течении. Его возникновение, вероятно, связано с тем изменением движения, которое претерпела Австралия, когда она прервала свою последнюю связь с Антарктикой и, оставив в стороне островную дугу Новой Зеландии, начала еще более заметное перемещение на северо-запад, куда она и движется до сих пор. Можно предположить, что острова Фиджи, прежде чем они были изогнуты дугой, образовывали цепь, расположенную рядом с подводным хребтом Тонга и параллельную ему, составляя вместе с островами Тонга внешнюю цепь островов перед глыбой Австралия — Новая Гвинея. Как и все восточно-азиатские дуги, эта цепь со стороны моря «прилипла» к древнему глубоководному дну и поэтому с внутренней стороны постепенно отделялась от континентальной глыбы. При удалении материковой глыбы внутренняя дуга закрутилась в спираль. Новые Гебриды и Соломоновы острова, вероятно, представляют собой две кулисообразно расположенные островные дуги, застрявшие в пути.[2] При этом, как уже упоминалось, остров Новая Померания, входивший в состав архипелага Бисмарка, оказался «прилепленным»

* Имеется в виду полоса шельфа, на которой располагаются Сейшельские острова (Маскаренский подводный хребет). — *Примеч. пер.*

[2] Хедли тоже на основе биологических данных приходит к выводу, что Новая Гвинея с Новой Каледонией, Новыми Гебридами и Соломоновыми островами составляют одно целое.

к Новой Гвинее и был перемещен вместе с ней. На другой стороне большой Австралийской глыбы спиральный изгиб двух самых южный цепей Зондских островов также указывает на вихревое течение в симе, подобное течению у островов Фиджи.

Имеющиеся данные еще не позволяют построить окончательную картину механизма образования глубоководных желобов.[3] Они, за редкими исключениями имеющие, возможно, иное происхождение, всегда располагаются перед внешней (выпуклой) стороной островных дуг, на стыке этих дуг с древним глубоководным дном. На внутренней стороне дуги, где в виде окон проступает свежеобнаженное глубоководное дно, желоба никогда не встречаются. Создается впечатление, что только более древнее глубоководное дно, испытавшее более значительное, глубоко проникшее

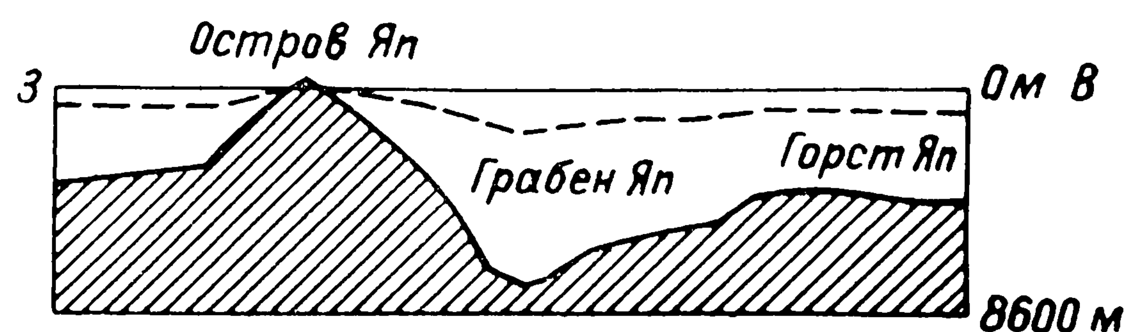


Рис. 62. Поперечный разрез через желоб Яп (отношение вертикального и горизонтального масштабов 5 : 1; по Г. Шотту и П. Перлевиту).

Наверху *пунктиром* показан профиль при соотношении 1 : 1.

охлаждение и затвердевание, способно образовывать желоба. Не исключено, что их можно рассматривать как краевые трещины, одну сторону которых образует сиаль островной дуги, а другую — сима глубоководного дна. Этому предположению не противоречит форма поперечного профиля глубоководных желобов, так как, естественно, она сильно сглажена гравитационными силами (рис. 62).

Возникновение глубокого, изогнутого под прямым углом жёлоба к югу и юго-востоку от острова Новая Померания, обусловлено, по-видимому, насильственным перемещением острова, прилепленного к Новой Гвинее, в северо-западном направлении. Достигающая больших глубин островная глыба как бы вспахала симу, которая, вытекая вслед за образующимся углублением, еще не совсем заполнила возникшую борозду. Это, вероятно, именно тот случай, когда мы точнее всего можем представить себе мехнизм образования глубоководного жёлоба.

Возникновение глубоководного жёлоба Атакама, расположенного западнее Чили, можно, видимо, объяснить по-иному. Ибо, если мы примем во внимание, что при смятии и выдавливании этих гор все слои, расположенные ниже глубоководного дна, отжимаются вниз, то тем самым должны будут увлекаться вниз и соседние участки глубоководного дна.[4]

---

[3] Название «глубоководный грабен» представляется менее удачным, так как оно заключает в себе утверждение, что речь идет о разломах, создающих грабены подобно разломам на континентальных глыбах.

[4] Возражение Ампферера, А. Пенка и других, что при движении Америки на запад перед краем глыбы должны были бы нагромоздиться горы симы, является несправедливым потому, что весь процесс складкообразования происходит при сохранении изостатического равновесия. Это, конечно, необходимо учитывать. Сима,

При этом добавляется еще одна причина погружения материкового края, в частности расправление обращенной книзу горной складки и увлечение расплавленных масс на восток под воздействием западного перемещения глыбы, где они, по нашим предположениям, частично поднимаются в банке Арбольюс.* Вследствие этого материковый край должен опускаться и увлекать за собой вниз соседнюю симу.

Конечно, эти представления еще требуют проверки в частностях. Большое значение в этом случае имеют результаты гравитационных измерений. Уже Геккер [198] над жёлобом Тонга установил значительный

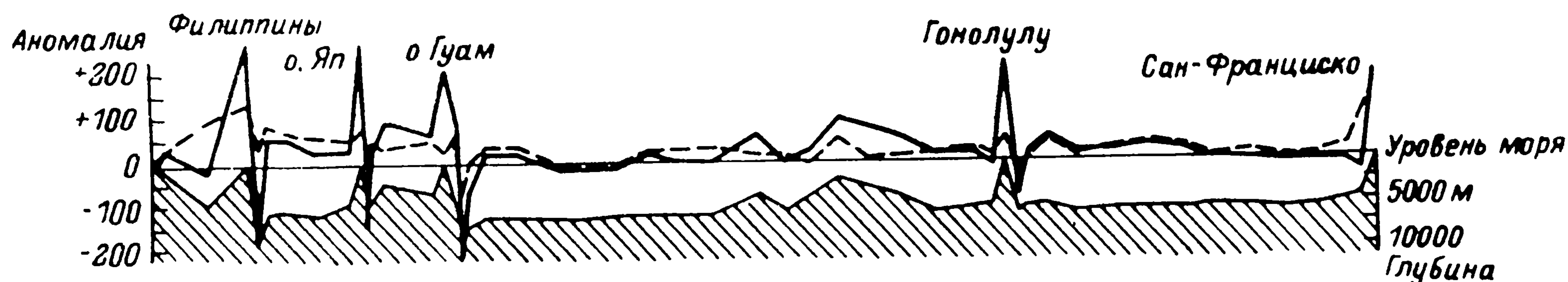


Рис. 63. Вариации гравитационных аномалий между Филиппинами и Сан-Франциско (по Венинг-Мейнесу).

Слева — масштаб; *пунктирная линия* — данные, подсчитанные в изостатической редукции; *заштрихованная площадь* — морское дно; *справа* — шкала глубин.

дефицит силы тяжести, тогда как на соседнем плато Тонга, наоборот, наблюдается ее избыток. Недавно это было подтверждено Венинг-Мейнесом [39] для ряда глубоководных желобов. Мы приводим из его публикации показанный на рис. 63 гравитационный профиль между Филиппинскими островами и Сан-Франциско, на котором показан и гипсометрический профиль дна. Этот профиль пересекает четыре желоба. Изменение силы тяжести во всех случаях было одинаковым: непосредственно над жёлобом — дефицит, над расположенной рядом возвышенностью — избыток величины ускорения силы тяжести. Эта закономерность показывает, повидимому, что в жёлобе еще не произошло изостатического выравнивания притока симы. Не исключено, что это можно объяснить тем, что глыба, составляющая возвышенность, имеет наклон, как это показано схематически на рис. 52. Однако необходимы дальнейшие исследования, прежде чем можно будет сделать окончательные выводы.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Когда книга уже печаталась, были получены данные, подтверждающие предположение (см. третью главу) об увеличении расстояния между Северной Америкой и Европой. Мы не хотим утаить эти данные от читателя. Дело в том, что Ф. Б. Лителл и Дж. К. Хаммонд сообщили результаты проведенного в октябре—ноябре 1927 г. определения разности

имея сравнительно высокую плотность и вес, не может выдавливаться вверх, а только вниз, под континентальной же глыбой — только назад, подобно воде, по которой волокут медленно плывущее тело.

* Банка Арбольюс находится у побережья Бразилии. — *Примеч. пер.*

долгот между Северной Америкой и Европой и сравнили эти результаты с измерениями 1913—1914 гг.[1]

Разность долгот Вашингтон—Париж на 1927 г. составляла

$$5 \text{ ч } 17 \text{ мин } 36.665 \text{ с} \pm 0.019 \text{ с}.$$

Это можно сравнить со сделанными в 1913—1914 гг. определениями разности долгот:

$$5 \text{ ч } 17 \text{ мин } 36.653 \text{ с} \pm 0.031 \text{ с},$$

$$5 \text{ ч } 17 \text{ мин } 36.651 \text{ с} \pm 0.003 \text{ с}.$$

Из этих двух определений 1913—1914 гг. первое относится к измерениям, выполненным американскими наблюдателями, второе — французскими.

Сравнение этих данных показывает, что разность долгот Вашингтон—Париж в течение тринадцати-четырнадцати лет возросла на величину

$$0.013 \text{ с} \pm 0.003 \text{ с},$$

т. е. в линейном масштабе примерно на

$$4.35 \text{ м} \pm \text{приблизительно } 1.0 \text{ м}.$$

Это соответствует ежегодному увеличению расстояния примерно на

$$0.32 \text{ м} \pm \text{приблизительно } 0.08 \text{ м}.$$

Знак и величина этого изменения находятся в наилучшем соответствии с изложенными в третьей главе выводами теории дрейфа материков.

---

[1] F. B. Littell and J. C. Hammond. World Longitude Operation. — The Astronomical Journal, 38, No. 908, S. 185, 14 Aug. 1928.

LITERATUR

[1] A. Wegener, Die Entstehung der Kontinente. Peterm. Mitt., 1912, S. 185—195. 253—256, 305—309.
[2] A. Wegener, Die Entstehung der Kontinente. Geol. Rundsch. 3, Heft 4, S. 276—292, 1912.
[3] A. Wegener, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. — Samml. Vieweg, Nr. 23, 94 S., Braunschweig 1915; 2. Aufl., Die Wissenschaft, Nr. 66, 135 S., Braunschweig 1920; 3. Aufl. 1922.
[4] Carl Freiherr Löffelholz von Colberg, Die Drehung der Erdkruste in geologischen Zeiträumen. 62 S. München 1886. (2., sehr vermehrte Aufl., 247 S. München 1895).
[5] D. Kreichgauer, Die Äquatorfrage in der Geologie, 304 S., Steyl 1902; 2. Aufl. 1926.
[6] H. Wettstein, Die Strömungen der Festen, Flüssigen und Gasförmigen und ihre Bedeutung für Geologie, Astronomie, Klimatologie und Meteorologie. 406 S. Zürich, 1880.
[7] E. H. L. Schwarz, Geol. Journ. 1912, S. 294—299.
[8] Pickering, The Journ. of Geol. 15, Nr. 1, 1907; auch Gaea 43, 385, 1907.
[9] W. Franklin Coxworthy, Electrical Condition or How and Where our Earth was created. London, W. J. S. Phillips, 1890 (?)?.
[10] F. B. Taylor, Bearing of the tertiary mountain belt on the origin of the earth's plan. B. Geol. S. Am. 21 (2), 179—226, Juni 1910.
[11] Th. Arldt, Handb. d. Paläogeographie. Leipzig 1917.
[12] E. Suess, Das Antlitz der Erde 1, 1885.
[13] Ampferer, Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. Jahrb. d. k. k. j. Geol. Reichsanstalt 56, 539—622. Wien 1906.
[14] Reyer, Geologische Prinzipienfragen. Leipzig 1907.
[15] M. P. Rudzki, Physik der Erde. Leipzig 1911.
[16] K. Andrée, Über die Bedingungen der Gebirgsbildung. Berlin 1914.
[17] A. Heim, Bau der Schweizer Alpen. Neujahrsblatt d. Naturf. Ges. Zürich 1908, 110. Stück.
[18] R. Staub, Der Bau der Alpen. Beitr. z. geolog. Karte der Schweiz, N. F. Heft 52. Bern 1924.
[19] Edw. Hennig, Fragen zur Mechanik der Erdkrusten-Struktur. Die Naturwissenschaften 1926, S. 452.
[20] E. Argand, La tectonique de l'Asie. Extrait du Compte-rendu du XIIIe Congrès géologique international 1922. Liège 1924.
[21] F. Kossmat, Erörterungen zu A. Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebungen. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1921.
[22] E. Dacqué, Grundlagen und Methoden der Paläogeographie. Jena 1915.
[23] G. de Geer, Om Skandinaviens geografiska Utvekling efter Istiden. Stockholm 1896.
[24] L. Kober, Der Bau der Erde. Berlin 1921; Gestaltungsgeschichte der Erde. Berlin 1925.
[25] H. Stille, Die Schrumpfung der Erde. Berlin 1922.

[26] F. Nölcke, Geotektonische Hypothesen. Berlin 1924.
[27] B. Willis, Principles of palaeogeography. Sc. 31, N. S., Nr. 790, S. 241—260, 1910.
[28] H. Wagner, Lehrb. d. Geographie 1. Hannover 1922.
[29] Kossinna, Die Tiefen des Weltmeeres. Veröff. d. Inst. f. Meereskde., N. F. A, Heft 9. Berlin 1921.
[30] Krümmel, Handbuch der Ozeanographie. Stuttgart 1907.
[31] W. Trabert, Lehrb. d. kosmischen Physik. Leipzig und Berlin 1911.
[32] M. Groll, Tiefenkarten der Ozeane. Veröff. d. Inst. f. Meereskunde, N. F. A, Heft 2. Berlin 1912.
[33] H. Heim, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung, 2. Teil. Basel 1878.
[34] E. Kayser, Lehrb. d. allgem. Geologie, 5. Aufl. Stuttgart 1918.
[35] W. Soergel, Die atlantische «Spalte». Kritische Bemerkungen zu A. Wegeners Theorie von der Kontinentalverschiebung. Monatsber. d. D. Geol. Ges. 68, 200—239, 1916.
[36] G. V. and A. V. Douglas, Note on the Interpretation of the Wegener Frequence Curve. Geolog. Magazine 60, Nr. 705, 1923.
[37] A. Wegener, Der Boden des Atlantischen Ozeans. Gerlands Beitr. z. Geophys. 17, Heft 3, 1927, S. 311—321.
[38] F. Kossmat, Die Beziehungen zwischen Schwereanomalien und Bau der Erdrinde. Geol. Rundsch. 12, 165—189, 1921.
[39] F. A. Vening-Meinesz, Provisional Results of Determinations of Gravity, made during the Voyage of Her Majesty's Submarine K XIII from Holland via Panama to Java. Kon. Ak. van Wetensch. te Amsterdam Proceed. Vol. XXX, Nr. 7, 1927; Gravity survey by Submarine via Panama to Java. The Geograph. Journ. London LXXI, Nr. 2, Febr. 1928. Über die geologische Deutung siehe A. Born, Die Schwereverhältnisse auf dem Meere auf Grund der Pendelmessungen von Prof. Vening-Meinesz 1926. Zeitschr. f. Geophys. 3, Heft 8, S. 400, 1927.
[40] W. Schweydar, Bemerkungen zu Wegeners Hypothese der Verschiebung der Kontinente. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1921, S. 120—125.
[41] W. Heiskanen, Untersuchungen über Schwerkraft und Isostasie. Veröff. d. Finn. Geodät. Instituts Nr. 4. Helsinki 1924.
[42] W. Heiskanen, Die Airysche isostatische Hypothese und Schweremessung. Zeitschr. f. Geophys. 1, 225, 1924/25.
[43] A. Born, Isostasie und Schweremessung. Berlin 1923.
[44] B. Gutenberg, Der Aufbau der Erde. Berlin 1925.
[45] B. Gutenberg, Lehrbuch d. Geophys. Berlin 1927/28, im Erscheinen.
[46] E. Tams, Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Oberflächenwellen längs kontinentaler und ozeanischer Wege. Centralbl. f. Min., Geol. u. Paläont. 1921, S. 44—52, 75—83.
[47] G. Angenheister, Beobachtungen an pazifischen Beben. Nachr. d. Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Math.-Phys. Klasse 1921, 34 S.
[48] S. W. Visser, On the distribution of earthquakes in the Nederlands East Indian archipelago 1909/19. Batavia 1921.
[49] H. Wellmann, Über die Untersuchung der Perioden der Nachläuferwellen in Fernbebenregistrierungen auf Grund Hamburger und geeigneter Beobachtungen. Diss. Hamburg 1922.
[50] H. Wilde, Roy. Soc. Proc. June 19, 1890 und January 22, 1891.
[51] A. W. Rücker, The secondary magnetic field of the earth. Terrestrial Magnetism and atmospheric Electricity 4, 113—129, March/December 1899.
[52] Raclot, C. R. 164, 150, 1917.
[53] H. Jeffreys, On the Earth's Thermal History and some related Geological Phenomena. Gerlands Beitr. z. Geophys. 18, 1—29, 1927.
[54] R. A. Daly, Our Mobile Earth. London 1926.
[55] S. Mohorovičić, Über Nahbeben und über die Konstitution des Erd- und Mondinnern. Gerlands Beitr. z. Geophys. 17, 180—231, 1927.
[56] J. Joly, The Surface History of the Earth, Oxford 1925 und unter gleichem Titel in Gerlands Beitr. z. Geophys. 15, 189—200, 1926.

[57] A. Holmes, Contributions to the Theory of Magnetic Cycles. Geol. Mag. 63, 306—329, 1926. — Ferner: Journ. of Geol. June/July 1926. — Oceanic Deeps and the Thickness of the Continents. Nature, 3. Dez. 1927.
[58] J. Joly and J. H. Poole, On the Nature and Origin of the Earth's Surface Structure. Phil. Mag. 1927, S. 1233—1246.
[59] B. Gutenberg, Der Aufbau der Erdkruste. Zeitschr. f. Geophys. 3, Heft 7, S. 371, 1927.
[60] A. Prey, Über Flutreibung und Kontinentalverchiebung. Gerlands Beitr. z. Geophys. 15, Heft 4, S. 401—411, 1926.
[61] W. Schweydar, Untersuchungen über die Gezeiten der festen Erde. Veröff. d. Preuss. Geodät. Inst., N. F. Nr. 54. Berlin 1912.
[62] W. Schweydar, Die Polbewegung in Beziehung zur Zähigkeit und zu einer hypothetischen Magmaschicht der Erde. Veröff. d. Preuss. Geodät. Inst., N. F. Nr. 79. Berlin 1919.
[63] W. L. Green, The Causes of the Pyramidal Form of the Outline of the Southern Extremities of the Great Continents and Peninsulas of the Globe. Edinburgh New Philosophical Journ. Vol. 6, n. s., 1857 sowie Vestiges of the Molten Globe, 1875.
[64] B. Meyermann, Die Westdrift der Erdoberfläche. Zeitschr. f. Geophys. 2, Heft 5, S. 204, 1926.
[65] B. Meyermann, Die Zähigkeit des Magmas. Zeitschr. f. Geophys. 3, Heft 4, S. 135—136, 1927.
[66] M. Schuler, Schwankungen in der Länge des Tages. Zeitschr. f. Geophys. 3, Heft 2/3, S. 71, 1927.
[67] R. A. Daly, The Earth's Crust and its Stability, Decrease of the Earth's Rotational Velocity and its Geological Effects. The Amer. Journ. of Science, vol. V, May 1923, p. 349—377.
[68] O. Ampferer, Über Kontinentverschiebungen. Die Naturwissenschaften 13, 669, 1925.
[69] R. Schwinner, Vulkanismus und Gebirgsbildung. Ein Versuch. Zeitschr. f. Vulkanologie 5, 175—230, 1919.
[70] G. Kirsch, Geologie und Radioaktivität, Wien und Berlin (Springer) 1928, S. 115 ff.
[71] A. Penck, Hebungen und Senkungen. «Himmel und Erde» 25, 1 und 2 (Separat, ohne Jahreszahl).
[72] J. Keidel, La Geología de las Sierras de la Provincia de Buenos Aires y sus Relaciones con las Montañas de Sud Africa y los Andes. Annal. del Ministerio de Agricultura de la Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Tomo XI, Núm. 3. Buenos Aires 1916.
[73] H. Keidel, Über das Alter, die Verbreitung und die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen tektonischen Strukturen in den argentinischen Gebirgen. Étude faite à la XIIe Session du Congrès géologique international, reproduite du Compte-rendu, S. 671—687 (Separat, ohne Jahreszahl).
[74] H. A. Brouwer, De alkaligesteenten van de Serra do Gericino ten Noordwesten van Rio de Janeiro en de overeenkomst der eruptiefgesteenten van Brazilë en Zuid-Afrika. Kon. Akad. van Wetensch. te Amsterdam, 1921, Deel 29, S. 1005—1020.
[75] Alex L. du Toit, The Carboniferous Glaciation of South Africa. Transact. of the Geolog. Soc. of South Africa 24, 188—227, 1921.
[76] Lemoine, Afrique occidentale. Handb. d. regionalen Geologie VII, 6 A, 14. Heft, S. 57. Heidelberg 1913.
[77] R. Maack, Eine Forschungsreise über das Hochland von Minas Gereas zum Paranahyba. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. z. Berlin 1926, S. 310—323.
[78] Alex L. du Toit, A geological comparison of South America with South Africa. With a palaeontological contrbution by F. R. Cowper Reed. Carnegie Institution of Washington Publ. Nr. 381. Washington 1927.
[79] Passarge, Die Kalahari. Berlin 1904.
[80] A. Windhausen, Ein Blick auf Schichtenfolge und Gebirgsbau im südlichen Patagonien. Geol. Rundsch. 12, 109—137, 1921.
[81] Gagel, Die mittelatlantischen Vulkaninseln. Handb. d. regionalen Geologie VII, 10, 4. Heft. Heidelberg 1910.

[82] Kossmat, Die mediterranen Kettengebirge in ihrer Beziehung zum Gleichgewichtszustande der Erdrinde. Abhandl. d. Math.-Phys. Kl. d. Sächsischen Akad. d. Wiss. 38, Nr. 2, Leipzig 1921.
[83] K. Andrée, Verschiedene Beiträge zur Geologie Kanadas. Schriften d. Ges. z. Beföord. d. ges. Naturwiss. zu Marburg 13, 7, 437 f. Marburg 1914.
[84] N. Tilmann, Die Struktur und tektonische Stellung der kanadischen Appalachen. Sit.-Ber. d. naturwiss. Abr. d. Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde in Bonn 1916.
[85] Lauge-Koch, Stratigraphy of Northwest Greenland. Meddelelser fra Dansk geologisk Forening 5, Nr. 17, 1920, 78 S.
[86] R. Mantovani, l'Antarctide. «Je m'instruis», 19. Sept. 1909, S. 595—597.
[87] Lemoine, Madagskar. Handb. d. regional. Geol. VII, 4, 6. Heft. Heidelberg 1911.
[88] R. von Klebelsberg, Die Pamir-Expedition des D. u. Österr. Alpen-Vereins vom geologischen Standpunkt. Zeitschr. d. D. u. Österr. A.-V. 1914 (XLV), S. 52—60.
[89] O. Wilckens, Die Geologie von Neuseeland. Die Naturwissenschaften 1920, Heft 41. Auch Geol. Rundsch. 8, 143—161, 1917.
[90] H. A. Brouwer, On the Crustal Movements in the region of the curving rows of Islands in the Eastern Part of the East-Indian Archipelago. Kon. Ak. v. Wetensch. te Amsterdam Proceed. 22, Nr. 7 u. 8, 1916. Auch Geol. Rundsch. 8, Heft 5—8, 1917 und Nachr. d. Ges. d. Wiss. z. Göttingen 1920.
[91] G. A. F. Molengraaff, The coral reef problem and isostasy. Kon. Akad. van Wetensch. 1916, S. 621 Anmerkung.
[92] L. van Vuuren, Het Gouvernement Celebes. Proeve eener Monographie 1, 1920 (namentlich S. 6—50).
[93] Wing Easton, Het onstaan van den maleischen Archipel, bezien in het licht van Wegener's hypothesen. Tijdschrift van het Kon. Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap 38, Nr. 4, Juli 1921, S. 484—512. Ferner: On some extensions of Wegener's Hypothesis and their bearing upon the meaning of the terms Geosynclines and Isostasy. Verh. van het Geolog.-Mijnbouwkundig Gennotschap voor Nederland en Kolonien, Geolog. Ser., Deel V, Bl. 113—133, Juli 1921. (Hierin werden einige meines Erachtens weniger glückliche Abänderungen der Verschiebungstheorie vorgeschlagen).
[94] G. L. Smit Sibinga, Wegener's Theorie en het onstaan van den oostelijken O. J. Archipel. Tijdschr. van het Kon. Ned. Aardrijkskundig Genootschap, 2e Ser. dl. XLIV, 1927, Aufl. 5.
[95] B. G. Escher, Over Oorzaak en Verband der inwendige geologische Krachten. Leiden 1922.
[96] Wanner, Zur Tektonik der Molukken. Geol. Rundsch. 12, 160, 1921.
[97] G. A. F. Molengraaff, De Geologie der Zeeën van Nederlandsch—Oost—Indië (Overgedrukt uit: De Zeeën van Nederlandsch—Oost—Indië. Leiden 1921).
[98] C. Gagel, Beiträge zur Geologie von Kaiser-Wilhelmsland. Beitr. z. geol. Erforsch. d. Deutsch. Schutzgebiete, Heft 4, 55 S. Berlin 1912.
[99] K. Sapper, Zur Kenntnis Neu-Pommerns und des Kaiser-Wilhelmslandes. Peterm. Mitt. 56, 89—193, 1910.
[100] F. Kühn, Der sogenannte «Südantillen-Bogen» und seine Beziehungen. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkde. z. Berlin 1920, Nr. 8/10, S. 249—262.
[101] F. B. Taylor, Greater Asia and Isostasy. Amer. Journ. of Science XII, July 1926, S. 47—67.
[102] H. Jeffreys, The Earth: Its Origin, History and Physical Constitution. Cambridge University Press, 1924.
[103] H. Cloos, Geologische Beobachtungen in Südafrika. IV. Granite des Tafellandes und ihre Raumbildung. Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Paläont., Beilage-Bend XLII, S. 420—456.
[104] B. Gutenberg, Mechanik und Thermodynamik des Erdkörpers, in Müller-Pouillet, Bd. V, 1 (Geophysik). Braunschweig 1928.
[105] C. A. Matley, The geology of the Cayman Islands (British West Indies). Quart. Journ. Geol. Soc., vol. LXXXII, part 3, 1926, p. 352—387.
[106] F. Hermann, Paléogéographie et genèse penniques. Eclogae geologicae Helvetiae, Vol. XIX, Nr. 3, 1925, S. 604—618.

[107] J. W. Evans, Regions of Tension. Proceed. Geolog. Soc. LXXXI, part 2, p. LXXX—CXXII. London 1925.
[108] Diener, Die Grossformen der Erdoberflächen. Mitt. d. k. k. geol. Ges. Wien 58, 329—349, 1915. — Die marinen Reiche der Triasperiode. Denkschr. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl. 1915.
[109] Jaworski, Das Alter des südatlantischen Beckens. Geol. Rundsch. 1921, S. 60—74.
[110] A. Penck, Wegeners Hypothese der kontinentalen Verschiebungen. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkde. z. Berlin 1921, S. 110—120.
[111] W. Penck, Zur Hypothese der Kontinentalverschiebung. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkde. z. Berlin 1921, S. 130—143.
[112] H. A. Brouwer, On the Non-existence of Active Volcanoes between Pantar and Dammer (East Indian archipelago), in Connection with the Tectonic Movements in this Region. Kon. Ak. van Wetensch. te Amsterdam Proceed. 21, Nr. 6 u. 7, 1917.
[113] H. S. Washington, Comagnetic regions and the Wegener hypothesis. Journ. of the Washington Acad. of Sciences, Vol. 13, Sept. 1923, p. 339—347.
[114] F. Nölke, Physikalische Bedenken gegen A. Wegeners Hypothese der Entstehung der Kontinente und Ozeane. Peterm. Mitt. 1922, S. 114.
[115] Stromer, Geogr. Zeitschr. 1920, S. 287 ff.
[116] F. Ökland, Einige Argumente aus der Verbreitung der nordeuropäischen Fauna mit Bezug auf Wegeners Verschiebungstheorie. Nyt Mag. f. Naturv. 65, 333—363, 1927.
[117] L. v. Ubisch, Wegeners Kontinentalverschiebungstheorie und ide Tiergeographie. Verh. d. Physikal.-Med. Ges. z. Würzburg 1921.
[118] G. Colosi, La teoria della traslazione dei continenti e le dottrine biogeografiche. L'Universo 6, Nr. 3, Marzo 1925. (Hierin auch weitere biogeographische Literaturangaben).
[119] W. R. Eckhard, Die Beziehungen der afrikanischen Tierwelt zur südasiatischen. Nat. Wochenschr. 1922, Nr. 51.
[120] . Osterwald, Das Problem der Aalwanderungen im Lichte der Wegenerschen Verschiebungstheorie. Umschau 1928, S. 127—128.
[121] A. Wegener, Die geophysikalischen Grundlagen der Theorie der Kontinentenverschiebung. Scientia, Februar 1927.
[122] H. v. Ihering, Die Geschichte des Atlantischen Ozeans. Jena 1927.
[123] L. F. de Beaufort, De beteekenis van de theorie van Wegener voor de zoögeografie. Handelingen van het XXe Ned. Natur-en Geneeskundig Congress, 14. (16) April 1925, Groningen.
[124] H. Hergesell, Die Abkühlung der Erde und die gebirgsbildenden Kräfte. Beitr. z. Geophys. 12, 153, 1895.
[125] Semper, Das paläothermale Problem, speciell die klimatischen Verhältnisse des Eozäns in Europa und den Polargebieten. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 48, 261 f., 1896.
[126] Schröter, Artikel «Geographie der Pflanzen» im Handwörterbuch der Naturwissenschaften.
[127] W. Köppen, Das Klima Patagoniens im Tertiär und Quartär. Gerlands Beitr. Geophys. 17, 3, 391—394, 1927.
[128] A. Wegener, Bemerkungen zu H. v. Iherings, Kritik der Theorie der Kontinentverschiebungen und der Polwanderungen. Zeitschr. f. Geophys. 4, Heft 1, S. 46—48, 1928.
[129] R. v. Klebelsberg, Die marine Fauna der Ostrauer Schichten. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt 62, 461—556, 1912.
[130] T. Huus, Über die Ausbreitungshindernisse der Meerestiefen und die geographische Verbreitung der Ascidien. Nyt Mag. f. Naturv. 65, 1927.
[131] Scharff, Über die Beweisgründe für eine frühere Landbrücke zwischen Nordeuropa und Nordamerika (Proc. of the Royal Irish Ac. 28, 1, 1—28, 1909; nach dem Referat von Arldt, Naturw. Rundsch. 1910).
[132] W. Petersen, Eupithecia fenestrata Mill, als Zeuge einer tertiären Landverindung von Nord-Amerika mit Europa. Beitr. z. Kunde Estlands 9, 4—5, 1922.
[133] H. Hoffmann, Moderne Probleme der Tiergeographie. Die naturwissenschaften 13, 77—83, 1925.

[134] L. v. Ubisch, Stimmen die Ergebnisse der Aalforschung mit Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebung überein? Die Naturwissenschaften 12, 345—348, 1924.
[135] T. Ardl, Südatlantische Beziehungen. Peterm. Mitt. 62, 41—46, 1916.
[136] A. Handlirsch, Beiträge zur exakten Biologie. Sitz.-Ber. d. Wiener Ak. d. Wiss., math.-naturw. Kl. 122, 1, 1913.
[137] B. Kubart, Bemerkungen zu Alfred Wegeners Verschiebungstheorie. Arb. d. phytopaläont. Lab. d. Univ. Graz II, 1926.
[138] B. Sahni, The Southern Fossil Floras: a Study in the Plant-Geography of the Past. Proc. of the 13. Indian Science Congress 1926.
[139] Wallace, Die geographische Verbreitung der Tiere, deutsch von Meyer, 2 Bde. Dresden 1876.
[140] E. Bresslau, Artikel Plathelminthes im Handwörterbuch d. Naturw. 7, 993. — Auch Zschokke, Zentralbl. Bakt. Parasitol. 1, S. 36, 1904.
[141] P. Marshall, New Zealand. Handb. d. regional. Geol. VII, 1, 1911.
[142] H. V. Bröndsted, Sponges from New Zealand. Papers from Dr. Th. Mortensen's Pacific Expedition 1914/16. Vidensk. Medd. fra Dansk naturh. Foren 77, 435—483; 81, 295—331.
[143] E. Meyrick, Wegeners Hypothesis and the distribution of Micro-Lepidoptera. Nature, S. 834—835. London 1925.
[144] Simroth, Über das Problem früheren Landzusammenhangs auf der südlichen Erdhälfte. Geogr. Zeitschr. 7, 665—676, 1901.
[145] Andrée, Das Problem der Permanenz der Ozeane und Kontinente. Peterm. Mitt. 63, 348, 1917.
[146] Th. Arldt, Die Frage der Permanenz der Kontinente und Ozeane. Geogr. Anzeiger 19, 2—12, 1918.
[147] A. Griesebach, Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung. Ein Abriss der vergleichenden Geographie der Pflanzen 2, 528 u. 632. Leipzig 1872.
[148] O. Drude, Handbuch der Pflanzengeographie. S. 487. Stuttgart 1890.
[149] L. v. Ubisch, Hermann v. Iherings «Geschichte des Atlantischen Ozeans». Peterm. Mitt. 1927, S. 206—207.
[150] E. Irmscher, Pflanzenverbreitung und Entwicklung der Kontinente. Studien zur genetischen Pflanzengeographie. Mitt. aus d. Inst. f. allgem. Botanik in Hamburg 5, 15—235, 1922.
[151] W. Köppen und A. Wegener, Die Klimate der geologischen Vorzeit. 256 S. Berlin 1924.
[152] W. Studt, Die heutige und frühere Verbreitung der Koniferen und die Geschichte ihrer Arealgestaltung. Diss. Hamburg 1926.
[153] F. Koch, Über die rezente und fossile Verbreitung der Koniferen im Lichte neuerer geologischer Theorien. Mitt. d. Deutschen Dendrologischen Gesellschaft, Nr. 34, 1924.
[154] W. Michaelsen, Die Verbreitung der Oligochäten im Lichte der Wegenerschen Theorie der Kontinentenverschiebung und andere Fragen zur Stammesgeschichte und Verbreitung dieser Tiergruppe. Verh. d. naturw. Ver. zu Hamburg im Jahre 1921, 37 S. Hamburg 1922.
[155] N. Svedelius, On the discontinuous geographical Distribution of some tropical and subtropical Marine Algae. Arkiv för Botanik, utg. av K. Svenska Vetensk. Ak. 19, Nr. 3, 1924.
[156] W. Köppen, Die Klimate der Erde. Grundriss der Klimakunde. Berlin und Leipzig 1923.
[157] V. Paschinger, Die Schneegrenze in verschiedenen Klimaten. Peterm. Mitt. 1912, Erg.-Heft 173.
[158] W. Köppen, Die Lufttemperatur an der Schneegrenze. Peterm. Mitt. (Separat, ohne Jahreszahl.).
[159] Th. Arldt, Die Ursachen der Klimaschwankungen der Vorzeit, besonders der Eiszeiten. Zeitschr. f. Gletscherkunde 11, 1918.
[160] Rollin T. Chamberlin, Objections to Wegeners Theory, 1928; in [228].
[161] P. Reibisch, Ein Gestaltungsprinzip der Erde; 27. Jahresbericht d. Ver. Erdkunde zu Dresden 1901, S. 105—124. — Zweiter Teil (enthält nur unwe-

sentliche Ergänzungen), Mitt. Ver. Erdk. Dresden 1, 39—53, 1905. — III. Die Eiszeiten. Ebenda 6, 58—75, 1907.
[162] H. Simroth, Die Pendulationstheorie. Leipzig 1907.
[163] Ch. Schuchert, The hypothesis of continental displacement, 1928; in [228].
[164] E. Jacobitti, Mobilità dell'Assa Terrestre, Studio Geologico. Torino 1912.
[165] G. A. F. Molengraaff, The Glacial Origin of the Dwyka Conglomerate. Trans. of the Geol. Soc. of South Africa 4, 103—115, 1898.
[166] A. du Toit, The Carboniferous Glaciation of South Africa. Ebenda 24, 188—227, 1921.
[167] Koken, Indisches Perm und die permische Eiszeit. Festband d. N. Jahrb. f Min. 1907.
[168] R. W. Sayles, The Squantum Tillite. Bull. of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College 56, Nr. 2 (Geol. Series, Vol. 10). Cambridge 1914.
[169] H. Potonié, Die Tropensumpfflachmoornatur der Moore des produktiven Karbons. Jahrb. d. Kgl. Preuss. Geol. Landesanstalt 30, Teil 1, Heft 3. Berlin 1909. — Die Entstehung der Steinkohle, 5. Aufl., S. 164. Berlin 1910.
[170] Rudzki, L'âge de la terre. Scientia 13, Nr. XXVIII, 2, S. 161—173, 1913.
[171] E. Dacqué, Abschnitt «Paläogeographie» in Enzyklopädie der Erdkunde, herausgeg. v. Kende. Leipzig u. Wien 1926.
[172] Danmark-Ekspeditionen til Grönlands Nordöstkyst 1906/08 under Ledelsen af L. Mylius-Erichsen 6 (Meddelelser om Grönland 46). Köbenhavn 1917.
[173] F. Burmeister, Die Verschiebung Grönlands nach den astronomischen Längenbestimmungen. Peterm. Mitt. 1921, S. 225—227.
[174] P. F. Jensen, Ekspeditionen til Vestgrönland Sommeren 1922. Meddelelser om Grönland LXIII, S. 205—283. Köbenhavn 1923.
[175] A. Wegener, Ekspeditionen til Vestgrönland Sommeren 1922 (P. F. Jensen, Medd. om Grönland LXIII, S. 205—283, Köbenhavn 1923). Die Naturwissenschaften 1923, S. 982—983.
[176] E. Stück, Breiten- und Längenbestimmungen in Westgrönland im Sommer 1922. Annal. d. Hydrographie usw. 1923, S. 290—292.
[177] Galle, Entfernen sich Europa und Nordamerika voneinander? Deutsche Revue, Februar 1916.
[178] Jahresber. d. preuss. Geodät. Inst. in Vierteljahrschr. d. Astron. Ges. 51, 139, sowie Astronomical Journal. Nr. 673/674.
[179] B. Wanach, Ein Beitrag zur Frage der Kontinentalverschiebung. Zeitschr. f. Geophysik 2, 161—163, 1926.
[180] P. Poisson, L'Observatoire de Tananarive. Paris 1924. — P. E. Colin, Comptes Rendus, 5. Mars 1894, S. 512. — Ferner La Géographie 45, 354—355, 1926, wo auch die Positionen angegeben sind.
[181] Günther, Lehrb. d. Geophys. 1, 278. Stuttgart 1897.
[182] W. D. Lambert, The Latitude of Ukiah and the Morton of the Pole. Journl of the Washington Ac. of Sc. 12, Nr. 2, 19. Jan. 1922.
[183] Neumayr-Uhlig, Erdgeschichte 1, Allgem. Geol., 2. Aufl., S. 367. Leipzig und Wien 1897.
[184] E. Kohlschütter, Über den Bau der Erdkruste in Deutsch-Ostafrika. Nachr. d. Kgl. Ges. d. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., 1911.
[185] J. W. Gregory, The Nature and origin of Fjords. 542 S. London 1913.
[186] F. v. Richthofen, Über Gebirgskettungen in Ostasien. Geomorphologische Studien aus Ostasien 4; Sitz.-Ber. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wiss. Berlin, Phys.-Math. Kl. 40, 867—891, 1903.
[187] E. Wittich, Über Meeresschwankungen an der Küste von Kalifornien. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges. 64, 1912, Monatsbericht Nr. 11, S. 505—512. — La Emersion moderna de la costa occidental de la Baja Californica. Mém. de la Société «Alzate» 35, 121—144, Mexiko 1920.
[188] Tams, Die Entstehung des kalifornischen Erdbebens vom 18. April 1906. Peterm. Mitt. 64, 77, 1918.
[189] A. C. Lawson, The Mobility of the Coast Ranges of California. Univ. of California Publ. Geology 12, Nr. 7, S. 431—473, 1921.
[190] O. Meissner, Isostasie und Küstentypus. Peterm. Mitt. 64, 221, 1918.
[191] W. v. Lozinski, Vulkanismus und Zusammenschub. Geol. Rundsch. 9, 65—98, 1918.

[192] S t e i n m a n n, Die kambrische Fauna im Rahmen der organischen Gesamtentwicklung. Geol. Rundsch. 1, 69, 1910.
[193] G o t h a n, Neues von den ältesten Landpflanzen. Die Naturwissenschaften, 9, 553, 1921.
[194] J. W a l t h e r, Über Entstehung und Besiedelung der Tiefseebecken. Naturwiss. Wochenschr., N. F. 3. Bd., Heft 46.
[195] S. F u j i w h a r a, On the Echelon Structure of Japanese Volcanic Ranges and its Significance from the Vertical Point of View. Gerlands Beitr. z. Geophys. XVI, Heft 1/2, 1927.
[196] B. G u t e n b e r g, Die Veränderungen der Erdkruste durch Fliessbewegungen der Kontinentalscholle. Gerlands Beitr. z. Geophys. 16, 239—247, 1927; 18, 225—246, 1927.
[197] A. W e g e n e r, Der Boden des Atlantischen Ozeans. Gerlands Beitr. z. Geophys. 17, Heft 3, 1927, S. 311—321.
[198] O. H e c k e r, Bestimmung der Schwerkraft auf dem Indischen und Grossen Ozean und an den Küsten. Zentralbureau d. Internat. Erdmess. N. F. Nr. 16. Berlin 1908.
[199] E ö t v ö s, Verh. d. 17. Allg. Konf. d. Internat. Erdmessung, 1. Teil, 1913, S. 111.
[200] W. K ö p p e n, Ursachen und Wirkungen der Kontinentenverschiebungen und Polwanderungen. Peterm. Mitt. 1921, S. 145—149. und 191—194. Siehe besonders S. 149. — Über Änderungen der geographischen Breiten und des Klimas in geologischer Zeit. Geografiska Annaler 1920, S. 285—299. — Zur Paläoklimatologie. Meteorol. Zeitschr. 1921, S. 97—101 (hier mit anderer Figur). — Über die Kräfte, welche die Kontinentenverschiebungen und Polwanderungen bewirken. Geol. Rundsch. 12, 314—320, 1922.
[201] P. S. E p s t e i n, Über die Polflucht der Kontinente. Die Naturwissenschaften 9, Heft 25, S. 499—502.
[202] W. D. L a m b e r t, Some Mechanical Curiosities connected with the Earth's Field of Force. The Amer. of Journ. of Science, Vol. 11, Sept. 1921, p. 129—158.
[203] R. B e r n e r, Sur la grandeur de la force qui tendrait à rapprocher un continent de l'équateur. Thèse prés. à la Faculté des sciences de l'université de Genéve. Genéve 1925.
[204] R. W a v r e, Sur la force qui tendrait à rapprocher un continent de l'équateur. Archives des Sciences physiques et naturelles. Août 1925.
[205] M. M ö l l e r, Kraftarten und Bewegunsformen. Braunschweig 1922.
[206] U. P. L e l y, Een Proef die de Krachten demonstreert, welke de Continentendrift kan veroorzaken. «Physica», Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde, 7e Jaargang, blz. 278—281, 1927.
[207] St. M e y e r u n d E. S c h w e y d l e r, Radioaktivität, 2. Aufl., S. 558 ff. Leipzig 1927.
[208] B. W a n a c h, Eine fortschreitende Lagenänderung der Erdachse. Zeitschr. f. Geophys. 3, Heft 2/3, S. 102—105.
[209] Noch nicht veröffentlicht. Briefliche Mitteilung von Oberstleutnant J e n s e n mit Genehmigung von Professor N ö r l u n d.
[210] W. A. J. M. v a n W a t e r s c h o o t v a n d e r G r a c h t, Remarks regarding the papers offered by the other contributors to the symposion, 1928; in [228].
[211] S c h i a p a r e l l i, De la rotation de la terre sous l'influence des actions géologiques (Mém. prés. à l'observatoire de Poulkova à l'occasion de sa fête semiséculaire). 32 S. St. Pétersbourg 1889.
[212] S i r W. T h o m p s o n, Report of Section of Mathematics and Physics, p. 11. Report of British Association 1876.
[213] G. F e r r i é, L'opération des longitudes mondiales (octobre/novembre 1926). Comptes Rendus de l'académie des sciences 186. Paris, 5. Mars 1928.
[214] R. S t a u b, Das Bewegungsproblem in der modernen Geologie. Antrittsvorlesung, Zürich 1928.
[215] R. S t a u b, Der Bewegungsmechanismus der Erde. Berlin 1928.
[216] M. S l u y s, Les périodes glaciaires dans le Bassin Congolais. Compte Rendu du Congrés de Bordeaux 1923 de l'Association Française pour l'Avancement du Sciences, 30. Juillet 1923.
[217] A. W e g e n e r, Two Notes concerning my Theory of Continental Drift, 1928; in [228].

[218] W. Köppen, Muss man heben der Kontinentenverschiebung noch eine Polwanderung in der Erdgeschichte annehmen? Peterm. geogr. Mitt. 1925, S. 160—162.
[219] W. Heiskanen, Die Erddimensionen nach den europäischen Gradmessungen. Veröff. d. Finn. Geodät. Inst., Nr. 6. Helsinki 1926.
[220] R. Schumann, Über Erdschollen-Bewegung und Polhöhenschwankung. Astr. Nachr. 227, Nr. 5442, S. 289—304, 1926.
[221] W. D. Lambert, The variation of Latitude. Bull. of the National Research Council 10, Part 3, Nr. 53, p. 43—45. Washington 1925.
[222] F. Nansen, The Earth's Crust, its Surface-Forms, and Isostatic Adjustment. Avhandl. utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo, 1. Mat.-Naturv. Klasse 1927, Nr. 12, 121 S. Oslo 1928.
[223] P. Byerly, The Montana Earthquake of June 28, 1925, G. M. C. T. The Bull. of the Seismological Society of America 16, Nr. 4, Dec. 1926.
[224] W. Bowie, Isostasie. 275 S. New York 1927.
[225] W. A. Jaschnov, Crustacea von Novaja Zemlja. Sonderdruck aus den Berichten des Wissenschaftlichen Meeresinstituts, Lief. 12. Moskau 1925 (russisch, mit deutscher Zusammenfassung).
[226] C. Diener, Grundzüge der Biostratigraphie. Leipzig u. Wien 1925.
[227] L. von Ubisch, Tiergeographie und Kontinentalverschiebung. Zeitschr. f. induktive Abstammungs- und Vererbungslehre 47, 159—179, 1928.
[228] Theory of Continental Drift, a symposium on the origin and movement of land masses both inter-continental and intra-continental, as proposed by Alfred Wegener, by W. A. J. M. van Waterschoot van der Gracht, Bailey Willis, Rollin T. Chamberlin, John Joly, G. A. F. Molengraaff, J. W. Gregory, Alfred Wegener, Charles Schuchert, Chester R. Longwell, Frank Bursley Taylor, William Bowie, David White, Joseph T. Singewald, Jr., and Edward W. Berry. Publ. by the American Association of Petroleum Geologists, 240 S. London 1928.
[229] E. Brennecke, Die Aufgaben und Arbeiten des Geodät. Inst. in Potsdam in der Zeit nach dem Weltkriege. Zeitschr. f. Vermess.-Wesen 1927, Heft 23 u. 24.

ПРИЛОЖЕНИЯ

КОММЕНТАРИИ К КНИГЕ А. ВЕГЕНЕРА

П. Н. Кропоткин

I. Комментарии к Предисловию (с. 12, 13), гл. 1 (Предварительные замечания по истории вопроса, с. 14—16), гл. 2 (Сущность теории дрейфа материков и ее отношение к господствовавшим до сих пор представлениям об изменениях поверхности Земли в течение геологического времени, с. 17—35) и гл. 4 (Геофизические аргументы, с. 45—68).

Первое издание работы А. Вегенера, в котором были сформулированы основные идеи теории дрейфа материков, вышло в свет в 1912 г. (Wegener A. Die Entstehung der Kontinente. — Peterm. Mitt., 1912, Bd 58, Aprilheft, S. 185—195; Maiheft, S. 253—256; Juniheft, S. 305—309); в несколько сокращенном виде то же самое было опубликовано в статье под тем же заглавием в Geol. Rundschau, 1912, Bd 3, H. 4, S. 276—291. Второе издание, уже в виде отдельной книги, вышло в свет в 1915 г., третье — в 1924 г., четвертое, последнее из опубликованных при жизни Вегенера изданий его работы, вышло в свет в 1929 г. Каждое последующее издание публиковалось им после основательной, глубокой переработки, расширения текста и дополнительной аргументации идей на основе новейших литературных данных. В результате последнее издание в несколько раз превышает по объему первоначальный набросок теории, вышедший в 1912 г.

Как видно из предисловия, датированного ноябрем 1928 г., книга была закончена А. Вегенером в то время, когда он уже был занят подготовкой к своей последней экспедиции в Гренландию. В том же году в США вышел сборник статей, написанных виднейшими учеными, который был посвящен обсуждению его теории (Theory of continental drift. A symposium on the origin and movement of land masses both intercontinental and intra-continental, as proposed by Alfred Wegener. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, 1928, IX+240 p.). Появление этого сборника, содержащего статьи как сторонников возможности дрейфа материков — В. Ватершут ван дер Грахта, Ф. Тейлора, Дж. Джоли, Г. Моленграфа — и самого А. Вегенера, так и противников — геологов Б. Уиллиса, Дж. Грегори, Ч. Шухерта, Ч. Лонгвелла и других, геофизика В. Боуи, астронома Т. Чемберлина, — было своего рода поворотным пунктом. После его публикации период увлечения мобилизмом в мировой науке быстро сменился разочарованием и отходом от идей дрейфа материков. Такое отношение

к идеям Вегенера доминировало в американской, западно-европейской и советской литературе в течение 30—40 лет, до середины 1960-х годов (Шатский Н. С. Гипотеза Вегенера и геосинклинали. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1946, № 4, с. 7—21; Кропоткин П. Н. Проблемы геодинамики. — В кн.: Тектоника в исследованиях Геологического института АН СССР. М., 1980, с. 176—247).

Четвертое (1929 г.) издание книги Вегенера существенно отличается от предыдущего, перевод которого на русский язык был опубликован в 1925 г. (Вегенер А. Возникновение материков и океанов / Пер. под ред. Г. Ф. Мирчинка. М.; Л., 1925. 148 с.). В нем учтены и прореферированы многочисленные исследования в области геологии, палеогеографии, климатологии, зоогеографии, палеофлористики, геофизики и геодезии, опубликованные в 20-х годах, т. е. в первый бурный период распространения идей мобилизма. В книге нашли свое отражение блестящие работы Аргана (Арган Э. Тектоника Азии. М.; Л., 1935. 192 с. / Пер. с франц., изд. 1922 г.), Штауба (Штауб Р. Механизм движений земной коры. Л.; М., 1938. 372 с.) и Джоли (Джоли Д. История поверхности Земли. М., 1929. 190 с.) Основные результаты разнообразных исследований этого времени, показавших эффективность мобилистских реконструкций Вегенера для решения многих проблем геологии, палеогеографии и палеоботаники, были освещены в советской литературе в работах Борисяка (Борисяк А. А. Происхождение континентов и океанов. — Природа, 1922, № 1—2, с. 13—22), Личкова (Личков Б. Л. Движение материков и климаты прошлого Земли. М.; Л., 1931. 133 с.; 1936. 127 с.), Вульфа (Вульф Е. В. Историческая география растений: История флор земного шара. М.; Л., 1944. 346 с.) и Криштофовича (Криштофович А. Н. Ботанико-географическая зональность и этапы развития флоры верхнего палеозоя. — Изв. АН СССР. Сер. геол. 1937, № 3, с. 383—404).

Причины того разочарования в теории Вегенера, которое наступило в конце 20-х годов, незадолго до трагической гибели ее создателя в полярных льдах Гренландии, обрисованы в американском сборнике с большой полнотой. Это прежде всего отсутствие сил, достаточных для предполагавшегося им перемещения материковых сиалических глыб по сравнительно неподвижному подкоровому субстрату (симе). Действительно, ни приливные воздействия, ни указанная Этвёшем, Эпштейном и другими учеными «полюсобежная» сила (Polfluchtkraft), связанная с вращением Земли, совершенно недостаточны для перемещений такого рода (Внутреннее строение Земли / Ред. Б. Гутенберг. М., 1949. 417 с.; Гутенберг Б. Физика земных недр. М., 1963. 264 с.; см. также комментарии к гл. 9). Критиками мобилизма отмечалось, что при механизме, предложенном Вегенером, должно было бы перед фронтом смещавшихся к западу материковых глыб Северной и Южной Америки происходить нагромождение подкорового материала (симы). Обращалось внимание на то, что в его схемах фигурирует слишком позднее раздвигание материков в Атлантическом океане (в четвертичном периоде вместо середины мезозоя).

Однако в действительности эти возражения не опровергают основную идею Вегенера. Вместо скольжения материковых глыб по субстрату, по-

добного движению льдин по воде, под действием ветра или других сил, приложенных непосредственно к самим этим глыбам, В. Ватершут ван дер Грахтом тогда же было обосновано представление о подкоровых течениях, в значительной мере снимающее эти трудности. В этом случае движение материковых глыб рассматривается как пассивный результат перемещения гораздо более обширных масс мантии, участвующих в конвекции. Гипотезы подкоровых течений уже разрабатывались в то время О. Ампферером, Р. Швиннером и др. Однако они не были использованы А. Вегенером, который отводил им лишь второстепенную роль (см. комментарии к гл. 9). Ошибка, связанная со слишком поздней (Q) датировкой раздвигания в области Атлантического океана, была исправлена А. Вегенером в четвертом издании книги (1929 г.) в полном соответствии с теми оценками, которые принимаются в настоящее время.

Ч. Шухерт (в том же сборнике), а в дальнейшем виднейший специалист в области геофизики Г. Джеффрис утверждали, что при сближении на глобусе контуров материкового склона Северной Америки и Гренландии с контурами материкового склона Западной Европы и контуров Южной Америки с Африкой не обнаруживается того соответствия, на которое указывал Вегенер. Авторитет Джеффриса был так велик, что это ошибочное утверждение (связанное с недоучетом дислокаций в Средиземноморском поясе и пр.) принималось в качестве решающего аргумента до тех пор, пока в 1955 г. С. Кэри не опубликовал реконструкцию, на которой было продемонстрировано с математической точностью отличное совпадение контуров материкового склона Африки и Южной Америки. Вскоре это было доказано Буллардом и другими, которые использовали компьютеры и новейшие батиметрические карты для контуров материкового склона докембрийских и палеозойских платформ всех материков, примыкающих к Атлантике (Bullard E., Everett J. E., Smith A. G. The fit of the continents around the Atlantic. — Philos. Transact. Roy. Soc., London. Ser. A. 1965, vol. 258, № 1088, p. 41—51); их результат воспроизведен в статье: Кропоткин П. Н. О возрасте и происхождении океанов. — Бюл. МОИП. Отд. геол., 1968, № 5, с. 23—38.

Все же геологические аргументы Вегенера, основанные главным образом на палеоклиматических данных и сходстве геологического строения, фауны и флоры всех южных материков и Индийского субконтинента, входивших в состав огромного палеозойского континента, были настолько убедительны, что и в период отхода европейской и американской науки от идей мобилизма они продолжали играть важнейшую роль в тектонических построениях тех геологов, которые изучали строение южных материков. Синтезом этих данных, основанных на изучении различных частей Гондваны — Африки, Южной Америки, о-ва Мадагаскар, Индостана, Австралии и Антарктиды, явилась книга «Наши странствующие материки», опубликованная в 1937 г. А. Дю Тойтом (Du Toit A. L. Our wandering continents. Edinburgh; London, 1937. 366 p; 1957. 366 p.). Эту работу следует считать важнейшей (после книги А. Вегенера) публикацией по теории дрейфа материков. А. Вегенер в гл. 5 цитирует более ранние работы Дю Тойта на ту же тему.

В 1930—1950 гг. аналогичные соображения мы находим в работах таких знатоков геологии Гондваны, как Кришнан (Кришнан М. С. Гео-

логия Индии и Бирмы. 1954. 424 с.), Жинью (Жинью М. Стратиграфическая геология. 1952. 639 с.), Уокер и Полдерваарт (Уокер Ф., Полдерваарт А. Долериты Карру Южно-Африканского Союза. — В кн.: Геология и петрография трапповых формаций. 1950, с. 8—122), Герт (Gerth H. Stratigraphische und faunistische Grundlagen zur geologischen Geschichte des südatlantischen Raumes. — Geol. Rundsch. 1939, Bd 30, H. 1—2, S. 64—79). К таким же выводам приходили А. Дю Тойт (Дю Тойт А. Геология Южной Африки, 1957. 488 с.), Р. Маак (Maack R. Ueber Vereisungsperioden und Vereisungsspuren in Brasilien. — Geol. Rundsch. 1957, Bd 45, H. 3, S. 547—595) и Л. Кинг (King L. C. Necessity for continental drift. — Bul. Amer. Assoc. petrol. geol., 1953, vol. 37, N 9, p. 2163—2177; King L. C. Basic palaeogeography of Gondwanaland during the late Paleozoic and Mesozoic eras. — J. Geol. Soc., 1958, vol. 114, pt 1, N 453, p. 47—77). На сессии Международного геологического конгресса в 1952 г. привлек внимание доклад К. Беурлена, подробно освещавший палеогеографию Гондваны с начала палеозоя, построенную на мобилистских реконструкциях (Beurlen K. La paléogeographie du continent de Gondwana. — Congr. Geol. Internat., Comptes Rendus de la IX session, Alger, 1952, fasc. 15, 1954, p. 167—192).

В то же время обстоятельная аргументация в пользу единства Западной Европы и Северной Америки, спаянных каледонской складчатостью и образовавших в среднем палеозое материк Лавразию в контурах, которые соответствуют реконструкции Вегенера, была развита в работе известного немецкого геолога Э. Крауса (Kraus E. Vergleichende Baugeschichte der Gebirge. Berlin, 1951. 588 S.).

Виднейший палеоклиматолог Шварцбах отметил необходимость подобных реконструкций для понимания климатической обстановки на земном шаре в среднем и верхнем палеозое (Шварцбах М. Климаты прошлого. Введение в палеоклиматологию. М., 1955. 284 с.). Механизм дрейфа, связанного с подкоровыми течениями, получил некоторое обоснование в работах Д. Григгса (Griggs D. A theory of mountain-building. — Amer. J. Sci., 1939, vol. 237, N 9, p. 611—650), Б. Гутенберга (Gutenberg B. Verschiebung der Kontinente, eine kritische Betrachtung. — In: Geotektonisches Symposium zum Ehren von H. Stille. Stuttgart, 1956, S. 611—650), А. Холмса (Холмс А. Основы физической геологии. М., 1949. 591 с.).

В то же время в Германии был опубликован сборник статей по проблеме дрейфа материков и происхождения Атлантического океана (Atlantisheft 1. — Geol. Rundsch. 1939, Bd 30, H. 1/2. 242 S.), в котором в поддержку мобилизма выступили брат А. Вегенера — Курт Вегенер, Г. Герт, Ф. фон Хюене, О. Уиттман и А. Дю Тойт, а против — Р. Ван Беммелен, Ф. Нёльке, Р. Зондер, палеонтологи Э. Хенниг, Э. Куммеров и др. Общее впечатление от этого сборника было, как и от симпозиума 1928 г., не в пользу теории Вегенера.

Положение стало изменяться с середины 50-х годов главным образом под влиянием новых фактов, связанных с изучением структуры и морфологии дна океанов и развитием палеомагнитных исследований.

Выяснилась, во-первых, ошибочность позиции, которую в 30-х годах занимали Б. Гутенберг и другие геофизики, считавшие, что на дне Атлан-

тического океана имеется слой сиаля, более тонкий, чем на материках, но все же не позволяющий оперировать с батиметрией дна и контурами изобат материкового склона так, как это делалось в реконструкциях Вегенера. Более детальное сейсмозондирование и исследование особенностей распространения сейсмических волн показали, что материки, как и думал Вегенер, резко отличаются по своему строению от всех глубоких (с глубинами более 3000 м) областей океана. Так называемый гранитный слой, соответствующий кристаллическому фундаменту материковых платформ, отсутствует в глубоких частях океана; для них характерен слой, сложенный базальтами. Континентальный склон в своей более крутой части довольно точно соответствует границам распространения коры материкового типа, ее гранитного слоя. Правильное понимание этих геофизических различий в строении океанов и континентов уже было намечено в гл. 11 книги А. Вегенера (1929 г.).

Во-вторых, Б. Хизеном и другими учеными, изучавшими дно океанов, в середине 50-х годов было установлено глобальное значение системы срединно-океанических хребтов, общая протяженность которой достигает 55 000 км, в осевых частях этих хребтов были выявлены узкие рифтовые долины. Их поперечный профиль настолько похож на профили рифтов Восточной Африки (оз. Танганьика, оз. Ньяса и др.) и оз. Байкал, что сразу стало ясно — мы здесь имеем дело с типичными структурами растяжения и разрыва земной коры. К тому же к осям срединно-океанических хребтов оказались приурочены очаги землетрясений (на глубине до 100 км), связанных со сбросами и сдвигами.

Хотя сам Б. Хизен считал, что эта глобальная система хребтов и рифтов среди океана свидетельствует о прогрессирующем расширении Земли (Хейзен Б., Тарп М., Юинг М. Дно Атлантического океана. М., 1962. 147 с.), те же факты вполне можно было интерпретировать как наглядное подтверждение идеи Вегенера о формировании Атлантического, Индийского и Северного Ледовитого океанов в процессе растяжения коры, раздвижения разорванных частей палеозойских суперконтинентов.

И наконец, третий и решающий аргумент в пользу теории дрейфа принесло изучение остаточной намагниченности горных пород. Силовые линии магнитного поля как бы заморожены, навечно зафиксированы в слоях красноцветных (богатых гематитом) и других отложений в процессе седиментации и диагенеза, а также в вулканических лавах при их охлаждении. Это послужило основой новой отрасли геофизики, которую можно было бы назвать палеогеодезией. Статистически усредненная по достаточному количеству образцов ориентировка вектора остаточной намагниченности позволяет определить прежнее расположение меридианов (по величине склонения D) и прежнюю географическую широту φ (по величине наклонения J, $\operatorname{tg} \varphi = 0.5 \operatorname{tg} J$) в том пункте и в то время, когда происходило образование породы.

Как только в 1955—1957 гг. палеомагнитные исследования были проведены с достаточно высокой точностью на многочисленных образцах горных пород, взятых с различных материков, выяснилось, что Северная Америка с середины мезозойской эры испытала по отношению к Европе значительное перемещение на запад (соответствующее разности долгот более 45°), а южные материки Африки и Австралия находились в верхнем

палеозое вблизи Южного полюса и затем испытали, так же как и Индостан, перемещение на тысячи километров от полюса и соответственно удалились друг от друга. Найденные значения палеомагнитных широт отлично соответствовали палеоклиматическим данным, а все обнаруженные этим методом данные согласовывались с реконструкциями, построенными А. Вегенером. В дальнейшем для всех материков были построены кривые миграции полюса, происходившей с палеозоя до наших дней. Резкое различие в расположении этих кривых на современной сетке географических координат могло быть объяснено только одним способом — на основе признания дрейфа материков (Нагата Т. Магнетизм горных пород. М., 1965. 348 с.; Храмов А. Н., Шолпо Л. Е. Палеомагнетизм. Л., 1967. 251 с.; Кропоткин П. Н. 1) Палеомагнетизм и его значение для стратиграфии и геотектоники. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1960, № 12, с. 3—25; 2) Палеомагнетизм, палеоклиматы и проблема крупных горизонтальных движений земной коры. — Сов геол., 1961, № 5, с. 16—38; Mc Elhinny M. W. Paleomagnetism and plate tectonics. Cambridge, 1973. 358 p.).

Эти результаты, опубликованные П. Блэккетом, Э. Ирвингом, С. Ранкорном, Р. Криром и другими уже в 1956—1958 гг. (Symposium on palaeomagnetism. — Philos. Transact. Roy. Soc. London. Ser. A. 1957, vol. 250, N 974, p. 71—156; Polar wandering and continental drift. A Symposium. — Geol. J. of Alberta Soc. Petrol. Geol., 1958, vol. 5, N 6—7), привели многих геофизиков к выводу, сформулированному Б. Гутенбергом в 1959 г.: «Современные данные о перемещениях магнитных полюсов относительно континентов хорошо согласуются с более старым представлением о движениях континентов по палеонтологическим данным. Это является примером того, как гипотеза подкрепляется многими новыми дополнительными данными из области, отличной от той, на основе которой она была первоначально выработана. Теперь представляется более вероятным, чем в то время, когда была сформулирована теория Вегенера, что в течение геологической истории континенты или их отдельные части значительно перемещались друг относительно друга и относительно земной оси» (Гутенберг Б. Физика земных недр: Пер. с англ. М., 1963. 255 с.).

Таким образом, если сначала геофизики в лице Г. Джеффриса, В. Боуи и других способствовали отклонению теории дрейфа (Внутреннее строение Земли / Ред. Б. Гутенберг. М., 1949. 417 с.), то в дальнейшем, с развитием палеомагнитных исследований и сейсмологии, именно геофизика дала решающие аргументы в пользу мобилизма. Подтвердились соображения, высказанные А. Вегенером в предисловии к его книге (1929 г.), что решение вопроса будет получено путем синтеза данных всех наук о Земле, причем геофизические данные будут играть в этом случае важнейшую роль.

К сожалению, А. Вегенер, будучи профессором геофизики университета в австрийском городе Граце, не обратил внимания на те возможности, которые давали для проверки его теории палеомагнитные геофизические исследования уже на том уровне точности измерений, который обеспечивала магнитометрическая аппаратура во второй половине 20-х годов. Уже в 1926 г. П. Меркантон обнаружил, что намагниченность верхнепалеозойских пород Австралии указывает на их формирование вблизи Южного

полюса и, следовательно, на дрейф этого континента в течение последующего периода. В 1929 г. И. Кёнигсбергер на экспериментальной основе разработал стройную теорию остаточной намагниченности, а М. Матуяма обнаружил инверсию магнитного поля Земли (в начале четвертичного периода), изучая палеомагнетизм третичных и четвертичных эффузивов Японии (Нагата Т. Магнетизм горных пород. М., 1965. 346 с.).

С помощью аппаратуры того времени уже можно было получать надежные результаты по сильно намагниченным породам, например красноцветным песчаникам и эффузивам. В дальнейшем, в начале 50-х годов, П. Блэккетт и его ученики повысили уровень чувствительности астатических магнитометров на 2—3 порядка. Это открыло перед изучением палеомагнетизма горных пород широкие возможности, с использованием магнитной «чистки», удаляющей те компоненты, которые затушевывают первоначальную намагниченность. Огромный экспериментальный материал, накопленный за 25 лет (с 1956 г.) при исследовании палеомагнетизма горных пород всех возрастов, начиная с глубокого докембрия, и всех материков, полностью подтвердил первоначальные выводы палеомагнитологов. Но все это можно было получить значительно раньше, если бы внимание к таким исследованиям было привлечено в те годы, когда теория Вегенера пользовалась большой популярностью среди геологов, палеоботаников и палеоклиматологов.

Международный симпозиум, организованный С. Кэри в 1956 г., суммировал геологические факты, свидетельствовавшие в пользу справедливости вегенеровских реконструкций (Carey S. W. Continental drift. A symposium. Hobart. Univ. Tasmania Geol. Depart. 1958. 375 p.). На симпозиуме, организованном Лондонским королевским обществом в марте 1964 г. по инициативе П. Блэккетта, Э. Булларда и С. Ранкорна, учитывались, кроме геологических фактов, также палеомагнитные данные и математические доказательства, основанные на том, что вероятность случайного совпадения контуров изобат материкового склона является минимальной (A symposium on continental drift. — Philos. Transact. Roy. Soc. London. Ser. A. 1965, vol. 258, N 1088, X+323 p.; Кропоткин П. Н. Плавают ли материки? Современное состояние теории мобилизма. — Природа, 1962, № 11, с. 84—95).

Вскоре Ксавье Ле Пишон, Р. Дитц, В. Морган и другие геофизики и океанологи разработали теорию тектоники литосферных плит (так называемую новую глобальную тектонику), в которой идеи мобилизма и подкоровых течений были объединены с той трактовкой наклонных сейсмофокальных зон Беньофа, которая уже фигурировала в работах Г. Штилле и А. Н. Заварицкого (1946—1955 гг.). Эти зоны, наклонно погружающиеся вблизи островных дуг на глубину до 500—700 км, стали рассматриваться как след субдукции плит и погружения подкоровых течений в зонах их стока, срединные же океанические хребты трассируют оси восходящих ветвей конвекции. После этого идеи дрейфа материков, сформулированные на новой основе, завоевали почти единодушное признание в мировой науке. Они господствуют на сессиях Международного геологического конгресса и генеральных ассамблеях Международного союза геофизики и геодезии начиная с 1972 г. (Тарлинг Д., Тарлинг М. Движущиеся материки. М., 1973. 104 с.; Проблемы глобальной тектоники.

М., 1973. 100 с.; Дрейф континентов: Горизонтальные движения земной коры / Ред. С. К. Ранкорн. М., 1966. 231 с.; Проблемы перемещения материков. М., 1963. 366 с.; Проблемы палеоклиматологии. М., 1968. 448 с.; Ле Пишон Кс., Франшто Ж., Боннин Ш. Тектоника плит. М., 1977. 287 с.; Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М., 1974. 471 с.; Харланд У. Б. Проверка фактами теории мобилизма. — Учен. зап. НИИГА, 1967, вып. 10, с. 71—96).

На основании палеомагнитных данных, наилучшего совмещения контуров изобат материкового склона, которое определяется с помощью ЭВМ и некоторой корректировки, по геологическим данным за последние 10 лет был построен ряд глобальных реконструкций прежнего расположения континентов. Они являются достаточно обоснованными для последних 375 млн. лет, начиная с середины девона. По более ранним периодам данных для этого еще недостаточно. В 1974 г. А. Смит, Дж. Брайден и Дж. Дрюри опубликовали серию таких реконструкций, которые воспроизведены на с. 54 в книге А. С. Монина (Монин А. С. История Земли. Л., 1977. 226 с.). Реконструкции для среднего палеозоя, мезозоя и кайнозоя с интервалами по 25 млн. лет опубликованы Э. Ирвингом (Irving E. Drift of the major continental blocks since the Devonian. — Nature, 1977, vol. 270, N 5635, p. 304—309), для нижнего палеозоя и протерозоя — П. Морелем, Э. Ирвингом, Л. П. Зоненшайном и др. (Morel P., Irving E. Tentative paleocontinental maps for the early Phanerozoic and Proterozoic. — J. Geol., 1978, vol. 86, N 5, p. 535—561; Engel A. E., Kelm D. L. Pre-Cambrian global tectonics: a tectonic test. — Geol. Soc. Amer. Bul., 1972, vol. 82, N 8, p. 2325—2340; Зоненшайн Л. П., Городницкий А. М. Палеоокеаны и движение континентов. — Природа, 1976, № 11, с. 74—83; Городницкий А. М., Зоненшайн Л. П., Мирлин Е. Г. Реконструкция положения материков в фанерозое (по палеомагнитным и геологическим данным). М., 1978. 121 с.).

Опубликован ряд реконструкций Гондваны, основанных главным образом на совмещении кривых миграции палеомагнитного полюса, полученных по различным южным материкам и Индостану. Эти кривые относятся к тому периоду, охватывающему более 400 млн. лет с кембрия до юры, когда все тектонические платформы южного полушария были объединены в составе огромного палеозойского континента. Такие реконструкции в основных чертах повторяют те схемы, которые были построены А. Вегенером (в 1929 г.) и А. Дю Тойтом (в 1937 г., см. выше). Южная Америка, Африка и Аравия объединены на всех этих схемах почти одинаково. То же относится к объединению Австралии с Антарктидой, составлявших монолитную глыбу восточной части Гондваны.

Трудности, которые приводят к значительному разнобою в реконструкциях, связаны с раздроблением более мелких глыб (Индийская платформа, о-ва Мадагаскар) и микроматериков (Сейшельские острова, о-ва Цейлон, Кергелен и пр.). В реконструкции Вегенера Мадагаскар расположен у берегов Мозамбика, а восточное побережье Индостана примыкает к Западной Австралии. В реконструкции Дю Тойта о-в Мадагаскар расположен значительно севернее, у берегов Кении, а восточное побережье Индостана примыкает к Антарктиде (между 30 и 90° в. д.). Палеомагнитные данные подтверждают такую позицию Индостана в противо-

положность схеме, построенной Вегенером, но геологические данные вполне допускают и его схему. Что касается Мадагаскара, то геологические данные довольно убедительно свидетельствуют в пользу южной его позиции, принятой Вегенером, тогда как палеомагнитные данные по лавам верхнемелового возраста говорят в пользу южной, а по траппам верхнетриасового или нижнеюрского возраста — в пользу северной позиции этого острова, принятой Дю Тойтом.

Наиболее широко используется реконструкция, построенная Смитом и Халламом, очень похожая на схему Дю Тойта (Smith A. G., Hallam A. The fit of the southern continents. — Nature, 1970, vol. 225, N 5228, p. 139—144; Embleton B. J., Valencio D. A. Palaeomagnetism and the reconstruction of Gondwanaland. — Tectonophysics, 1977, vol. 40, N 1—2, p. 1—12; Embleton B. J. J., Veevers J. J., Johnson B. D., Powell C. Palaeomagnetic comporison of a new fit of east and west Gondwanaland with the Smith and Hallam fit. — Tectonophysics, 1980, vol. 61, N 4, p. 381—390).

Различная концепция этих двух альтернативных решений относительно позиции Индии и о-ва Мадагаскар по отношению к остальным частям Гондваны предполагает, следовательно, четыре возможные схемы реконструкции. Все они использовались различными авторами (таблица).

Реконструкция Гондваны

Взаимное расположение в теле Гондваны Индостана, Австралии, Антарктиды, Африки и Мадагаскара	Положение о-ва Мадагаскар		
	южное (вблизи Мозамбика)	северное (вблизи Кении)	не указано
Восточное побережье Индостана примыкает к Антарктиде	Гамильтон, Кринсли, 1967; Терлинг, 1972; Баррон, Харрисон, 1977	Дю Тойт, 1937; Кинг Л., 1958; Фрэкс, Кроуэлл, 1968; Дитц, Холен, 1970; Смит, Халлам, 1970; Саттон, Ватсон, 1974; Кэмпбелл, Краддокк, 1977; Де Вит, 1977; Эмблтон, Валенсио, 1977; Ирвинг, 1977; Ларсон, 1977; Городницкий, Зоненшайн, 1978	Крир, 1970; Брайден, 1970
Восточное побережье Индостана примыкает к Австралии	Арган, 1922; Вегенер, 1924; Кэри, 1957; Данн, 1958; Кропоткин, 1964; Воронов, 1966; Ахмад, 1967; Харли, Ранд, 1969	Воронов, 1967; Воронов, Храмов, 1968; Шилдс, 1977	Грауфорд, 1969; Виверс, Джонс, 1971; Маркл, 1978

Обоснованность стыковки различных частей Гондваны друг с другом мы рассмотрим подробнее в комментариях к другим главам книги Вегенера, а здесь ограничимся перечнем тех новейших публикаций, в которых приводятся реконструкции всей (или большей части) Гондваны и дается их обоснование.

Из советских работ следует упомянуть реконструкции, предложенные П. С. Вороновым (Воронов П. С. 1) Биполярность закономерностей гипсометрии блоков континентальной коры и распад Гондваны. — Изв. ВГО, 1966, № 2, с. 112—129; 2) Антарктида и проблема распада Гондваны. — Бюл. Сов. антаркт. эксп., 1967, № 65, с. 44—57; Воронов П. С., Храмов А. Н. Мобилистская реконструкция палеогеографии Гондваны. — Изв. ВГО, 1968, № 1, с. 59—63), М. Г. Равичем (Равич М. Г. Геология Антарктиды — ключ к проблеме Гондваны. — Природа, 1973, № 6, с. 59—64), Н. А. Божко и др. (Божко Н. А. 1) Тектоно-термальная переработка докембрийского фундамента Гондваны. — Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология, 1979, № 5, с. 17—30; 2) Позднедокембрийская тектоника Гондваны. — Изв. вузов, геол. и разв., 1979, № 2, с. 87—91; Башарин А. К., Берзин Н. А., Борукаев Ч. Б. и др. Структурные связи континентов в докембрии. — Геол. и геофиз., 1973, № 11, с. 3—14).

Из большого количества зарубежных работ можно указать в последовательности, соответствующей времени их опубликования, следующие статьи относительно Гондваны в целом (Horwitz R. C. Pangaea and some units in the Precambrian and the Palaeozoic. — Tectonophysics, 1967, vol. 4, N 1, p. 5—15; Ahmad F. Orogeny, geosyncline and continental drift. — Tectonophysics, 1968, vol. 5, N 3, p. 177—189; Hamilton W., Krinsley D. Upper Paleozoic glacial deposits of South Africa and Southern Australia. — Geol. Soc. Amer. Bul., 1967, vol. 78, N 6, p. 783—799; Hurley P. M., Rand J. R. Pre-drift continental nuclei. — Science, 1969, vol. 164, N 3885, p. 1229—1242; Briden J. C. Paleomagnetic polar wander curve for Africa. — In; Palaeogeophysics / Ed. S. K. Runcorn. London; New York, 1970. 471p.; Grawford A. R. Gondwanaland and the growth of India. — J. Geol. Soc. India, 1971, vol. 12, N 3, p. 205—221; Tarling D. H. Another Gondwanaland. — Nature, 1972, vol. 238, N 5359, p. 92—98; Sutton J., Watson J. V. Tectonic evolution of continents in early Proterozoic times. — Nature, 1974, vol. 247, N 5441, p. 434—435; Craddock C. Tectonic evolution of the Pacific margin of Gondwanaland. — In: Gondwana Geology / Ed. K. S. W. Campbell. Canberra, 1975, p. 609—618; Davies E. B., Windbey B. F. Significance of major Proterozoic high grade linear belts in continental evolution. — Nature, 1976, vol. 263, N 5576, p. 383—385; Craddock C. The evolution and fragmentation of Gondwanaland: Fourth Internat. Gondwana Symposium. Calcutta, 1977, p. 1—17; Barron E. J., Harrison C. C. A. Gondwanaland reconstructed. — Trans. Amer. Geophys. Union, 1977, vol. 58, N 9, p. 844; Westphal M. Configuration of the magnetic field and reconstruction of Pangaea in the Permian period. — Nature, 1977, vol. 267, N 5607, p. 136—137; Shields O. A Gondwanaland reconstruction for the Indian ocean. — J. Geol., 1977, vol. 85, N 2, p. 236—242; Pilger A., Rösler A. Gondwana, Indik und Tethys in ihren zeitlich-tektonischen Zusammenhängen. — Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., 1977, Bd 128, N 1, S. 153—184; Crowell J. C. Problems concerning the late Paleozoic glaciation on Gondwanaland. — Fourth Internat. Gondwana Symposium, Calcutta, 1977, p. 1—10; Cox K. G. Flood basalts, subduction and the break-up of Gondwanaland. — Nature, 1978, vol. 274, N 5666, p. 47—59; Crowell J. C. Gond-

wanan glaciation, cyclotherms, continental positioning and climate change. — Amer. J. Sci., 1978, vol. 278, N 10, p. 1345—1372; Norton I. O., Sclater J. C. A model for the evolution of the Indian ocean and the breakup of Gondwanaland. — J. Geophys. Research, 1979, vol. B—84, N 12, p. 6803—6830; Veevers J. J., McPowell C., Johnson B. D. Seafloor constraints on the reconstruction of Gondwanaland. — Earth and Planet. Sc. Lett., 1980, vol. 51, N 2, p. 435—444; King L. Gondwanaland reunited. — Geology, 1980, vol. 8, N 2, p. 111—112).

Перечисленные работы составляют только часть потока исследований по палеогеографии и геологии, начало которому положили смелые построения А. Вегенера. Значение его идей рассматривается в нескольких работах, посвященных его жизни и научному творчеству (Милановский Е. Е. Альфред Вегенер и его идеи: К 100-летию со дня рождения. — Природа, 1980, № 11, с. 52—66; Кузнецова Л. Куда плывут материки. М., 1962. 120 с.; Strobach K. Zur Geschichte der Geophysik. Alfred Wegener zum 100 Geburtstag. — Naturwissensch., 1980, Jg. 68, H. 7, S. 321—331; Schwarzbach M. Alfred Wegener und die Drift der Kontinente. — Wissensch. Verlagsgesellsch. Ser. Grosse Naturforscher; 1980, N 42, 160 S.).

II. Комментарии к гл. 3 (Геодезические аргументы, с. 36—45) и Приложению (с. 201, 202).

Как видно из текста, А. Вегенер расценивал результаты геодезических измерений, выполненных в Гренландии, как точнейшее и безупречное доказательство теории перемещения (дрейфа) материков. Эти измерения указывали для пятилетнего интервала (1922—1927 гг.) такое увеличение разности долгот Гренландии и Европы, какое соответствует перемещению Гренландии к западу со скоростью 36 м в год. Но разность долгот обсерваторий Вашингтона и Парижа при сопоставлении астрономо-геодезических измерений 1913—1914 гг. и 1927 г. указывала, по Ф. Б. Литтелу и Дж. К. Хаммонду, на перемещение Северной Америки на запад от Европы только со скоростью 0.32±0.8 м. Ошибка наблюдений в этом случае в 2.5 раза превышает полученный результат.

Как показали позднейшие, значительно более точные геодезические исследования, все результаты измерений, на которые опирался Вегенер, были настолько неточными, что в действительности основываться на них не следовало. Согласованность приводимых им цифр — не более, чем чистая случайность (Никонов А. А. Современные движения земной коры. М., 1979, 184 с.).

Даже в настоящее время точность астрономо-геодезических измерений, основанных на сравнении координат таких пунктов, которые удалены на тысячи километров друг от друга и находятся на разных материках, недостаточна для уверенной регистрации современных горизонтальных перемещений глыб земной коры. Однако техника измерений непрерывно совершенствуется. Международным советом геофизики и геодезии совместно с Международным астрономическим союзом разработана программа исследований, которые уже в ближайшие десятилетия экспериментально проверят теорию Вегенера. На основании астрономо-геодезических измерений пока можно утверждать только одно — что скорость взаимных го-

ризонтальных перемещений континентов не превышает 10 см в год, т. е. в десятки или сотни раз меньше, чем предполагал Вегенер.

В 1974 г. М. Фессель обработал измерения времени и широты 45 обсерваторий Америки и Европы за 1962—1972 гг. и нашел, что эти континенты удаляются друг от друга таким образом, что разность их долгот возрастает на $(15 \pm 7) \cdot 10^{-7}$ градусов в год, т. е. на несколько сантиметров в год. Э. Провербио и В. Квесада в том же году определили по наблюдениям, проводившимся обсерваториями за 40—70 лет, изменения широты Америки ($+13'' \cdot 10^{-4}$ в год), Евразии ($-30'' \cdot 10^{-4}$ в год) и отдельно Японии ($-27'' \cdot 10^{-4}$ в год), а также вариации долготы, которые указывают на сближение Японии и Европы со скоростью около 1 см в год и удаление Северной Америки на запад от Евразии со скоростью порядка 10 см в год.

Наиболее точные результаты получаются по измерениям (с применением в последние годы лазерных геодиметров) расстояния и взаимного расположения реперных пунктов, находящихся недалеко друг от друга в одной и той же геодезической сети. Такие измерения выполняются в течение 75 лет в разных частях сейсмичного разлома Сан-Андреас в Калифорнии (США), протягивающегося на 900 км от окрестностей г. Сан-Франциско на юго-восток, севернее г. Лос-Анджелес, до берегов Калифорнийского залива. Зона сдвига прослеживается далее на юго-восток еще на такое же расстояние под этим заливом и таким образом отсекает от основной массы материка блок земной коры, включающий п-ов Калифорнию, побережье и шельф Калифорнии общей длиной в 2200 км при ширине до 300—400 км. Размеры Калифорнийского блока приближаются, следовательно, к размерам таких материковых глыб, как о-в Мадагаскар или Гренландия, перемещения которых рассматривались А. Вегенером.

С несомненностью установлено, что Калифорнийский блок скользит в северо-западном направлении по отношению к континенту со скоростью 2—5 см в год. Это результат как плавного смещения (крипа), так и многократных внезапных правосторонних сдвиговых смещений при землетрясениях. В пределах Калифорнийского залива сдвиг сочетается с некоторым удалением полуострова от материка, в результате чего «расщелина» заполняется материалом симы — базальтами и подкоровыми массами ультраосновных пород. Наблюдаемое смещение представляет собой унаследованный процесс. Правосторонний сдвиг происходил здесь в течение мелового периода и кайнозоя и достиг за 100 млн. лет суммарной величины 500 км, что соответствует средней скорости около 0.5 см в год. Длительность процесса смещения устанавливается на том основании, что разорванные разломом комплексы удалены тем дальше друг от друга, чем больше их геологический возраст. Вблизи разлома Сан-Андреас видно, что русла речек сместились на 14 м за 250—300 лет. Более древние русла смещены на 1.5 км, а сопоставимые по возрасту и фациям третичные отложения и массивы анортозитов на противоположных сторонах сдвига смещены на 130, 200, 270, 320 км, тем больше, чем древнее сопоставляемые комплексы пород.

Смещение масс хребта Петра I в Таджикистане происходит в северном направлении по поверхности Вахшского надвига, вдоль которого течет р. Сурхоб. Скорость горизонтального смещения по триангуляциям 1949—1970 гг. и последующим дальномерным измерениям с помощью гео-

диметров составляет здесь 0.9—1.7 см в год. В Японии надежно установлен процесс сближения реперов, расположенных на западном и восточном побережьях о-ва Хонсю; ширина острова сокращается на несколько сантиметров в год. Растяжение земной коры в Исландии определено по ширине открытых трещин и пространства, занятого сериями даек. Для грабена Тингвеллер расширение составило около 70 м за 90 тыс. лет, т. е. 0.8 см в год (Trygvason E. Measurement of surface deformation in Iceland by precision leveling. — J. Geophys. Res., 1968, vol. 73, N 22, p. 7039—7050).

По ширине полос положительных и отрицательных магнитных аномалий, протягивающихся параллельно осям срединно-океанических хребтов и связанных с массами нормально или обратно намагниченных базальтовых и других основных и ультраосновных изверженных пород, которые сформировали кору океана в процессе спрединга (расширения площади дна), определена скорость раздвигания восьми литосферных плит, охватывающих почти всю поверхность земного шара. Скорость подсчитывается на основании геохронологической шкалы инверсий земного магнитного поля, установленной для последних 10 млн. лет. Половина скорости раздвигания, т. е. скорость удаления плиты (включающей как обширную область океанической коры, припаянную к материку, так и материковую глыбу) от оси спрединга, составляет в северной части Атлантического океана 1—1.4 см в год, в южной части — 1.5—2.2 см в год, в Индийском океане — 1.5—3 см в год, в Тихом океане — от 2 до 6 см в год (Новая глобальная тектоника. М., 1974. 471 с.).

На основании ширины полосовых магнитных аномалий, ориентации так называемых трансформных разломов, секущих срединно-океанические хребты, и ориентировки смещений в очагах землетрясений построены математические схемы взаимного перемещения литосферных плит (Gordon R. G., Cox A., Harter C. E. Absolute motion of an individual plate estimated from its ridge and trench boundaries. — Nature, 1978, vol. 274, N 5673, p. 752—755; Minster J. B., Jordan T. H. Present-day plate motion. — J. Geophys. Res., 1978, vol. 83B, N 11, p. 5331—5354). Средняя (за 10 млн. лет) скорость движения плит составляет от 1 до 10 см в год. Общее сближение плит происходит в области хребтов и плоскогорий центральной части Евразии (включая Гималаи) и в области Анд.

Таким образом, хотя вполне точного геодезического определения скорости и направления дрейфа материков еще не сделано, геодезические измерения взаимных перемещений менее крупных блоков, исследование суммарного эффекта смещений по разломам, происходящих при землетрясениях, и анализ процессов спрединга путем изучения полосовых магнитных аномалий в океанах дают надежное подтверждение общей концепции дрейфа материков. Средняя скорость дрейфа и взаимных смещений блоков как в настоящее время, так и за последние 10 млн. лет лежит в пределах 0.5—10 см в год.

А. Вегенер в последнем (1929 г.) издании своей книги принимал, что раскрытие Южной Атлантики началось в середине мела, а северная ее часть, где расстояние между краями материковых глыб Северной Америки и Европы составляет 4—5 тыс. км, образовалась в течение третич-

ного и четвертичного периодов. По современным оценкам абсолютного времени, продолжительность этого периода, т. е. кайнозойской эры, составляет 60—70 млн. лет. Цифры 20 см в год (Буэнос-Айрес—Капштадт) и 30 см в год (Индостан—Южная Африка, Тасмания—Антарктида), которые Вегенер приводит в табл. на с. 38, не очень отличаются от тех величин (2—12 см в год), которые принимаются сейчас для скорости раздвигания. Разница возникает из-за того, что Вегенер принимал длительность кайнозойской эры, согласно оценкам 20-х годов, равной 20 млн. лет. Если исправить цифры его таблицы в соответствии с нынешней точной геохронологией, то указанные им скорости раздвигания уменьшатся в 3—3.5 раза, до 6—10 см в год, а скорости движения материков от осей спрединга — до 3.5 см в год.

Таким образом, в тех случаях, когда Вегенер использовал не ошибочные геодезические измерения своего времени, а подсчеты, базирующиеся на его основной концепции, полученные им оценки скорости дрейфа материков согласуются с современными, более точными определениями.

III. Комментарии к гл. 5 (Геологические аргументы, с. 68—101) и гл. 10 (Дополнительные замечания относительно сиалической геосферы, с. 171—192).

Описанные в гл. 5 геологические связи между ныне разобщенными материковыми глыбами, которые устанавливаются на основании соответствий в стратиграфии, в ориентировке одновозрастных складчатых поясов, оборванных у краев континентов, и по совмещению контуров их материкового склона в реконструкциях (рис. 4, 5, 18, 50), являются наряду с палеомагнетизмом наиболее сильным аргументом в пользу теории дрейфа материков. Приведенные Вегенером данные и реконструкции подтверждены во множестве позднейших, более детальных исследований.

История раскрытия Атлантического океана изучена в настоящее время с большой полнотой. По данным, полученным в результате бурения дна океана с корабля «Гломар Челленджер», драгировок, анализа конфигурации и возраста полосовых магнитных аномалий, протягивающихся параллельно Срединно-Атлантическому хребту по обе стороны от него, построены серии палеогеографических карт. Они иллюстрируют последовательные стадии расширения площади океана, происходившего в основных чертах так, как представлял себе Вегенер (с. 79; см. карты возраста океанической коры в книгах: Монин А. С. История Земли. Л., 1977. 226 с.; Тектоника в исследованиях Геологического института АН СССР. М., 1980, рис. на с. 208—209 по В. Питману, Р. Ларсону, Э. Хэррону). Южнее линии, соединяющей Лабрадор и южный конец Гренландии с Ирландией, раздвиг и формирование океанической коры начались в юрском периоде или в первой половине мелового, т. е. 100—190 млн. лет назад, а севернее этой линии — в конце мела—палеогене (Грачев А. Ф. Рифтовые зоны Земли. Л., 1977, 246 с.).

Детальный анализ палеогеографии Атлантического океана и его материкового обрамления приводится в многочисленных работах (Sutton J. Development of the continental framework of the Atlantic. — In: Proceed. Geol. Associat. London, 1968, vol. 79, pt 3, p. 275—304; Funnell B. M., Smith A. G. Opening of the Atlantic ocean. — Nature, 1968, vol. 219, N 5161, p. 1326—1333; North Atlantic geology and conti-

nental drift. A symposium / Ed. M. Kay. — Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir, 1969, N 12, 1082 p.; Beurlen L. Die geologische Entwicklung des Atlantischen Oceans. — Geotekton. Forschungen, 1974, N 46, S. 1—69; Pichon X. Le, Sibuet J.-C., Francheteau J. The fit of the continents around the North Atlantic ocean.—Tectonophysics, 1977, vol. 38, N 3—4, p. 169—209; Lefort J. P. Un «fit» structurel de l'Atlantique Nord: arguments géologiques pour correler les marquers géophysiques reconnus les deux marges. — Marine Geol., 1980, vol. 47, N 3—4, p. 355—369; Pitman W., Talwani M. See-floor spreading in the North Atlantic. — Geol. Soc. Amer. Bul., 1972, vol. 83, N 3, p. 619—646; Федынский В. В., Рассохо А. И., Деменицкая Р. М., Карасик А. М., Рождественский С. С. Магнитные аномалии Срединно-Атлантического хребта. — Докл. АН СССР, 1974, т. 217, № 6, с. 1416—1419; Геология океана: Геологическая история океана / Ред. А. С. Монин, А. П. Лисицын. М., 1980. 464 с.).

Объединение герцинских и каледонских складчатых поясов Северной Америки и Западной Европы, которое Вегенер рассматривает на с. 81—85, исследовано и обосновано теперь с большой полнотой в ряде работ (Hallam A. Mesozoic geology and the opening of the North Atlantic. — J. Geol., 1971, vol. 79, N 2, p. 129—157; A symposium on continental drift. — Philos. Trans. Roy. Soc. London. Ser. A, vol. 258, 1965, N 1088, p. 323; Kraus E. Laurasia: Ein Beitrag zur Paläomorphologie der Erde. — Nova Acta Leopoldina, 1965, vol. 30, N 173, S. 135—142; Swett K., Smith D. E. Paleogeography and depositional environments of the Cambro-Ordovician shallow-marine facies of the North Atlantic. — Geol. Soc. Amer. Bul., 1972, vol. 83, N 11, p. 3223—3248; Vann I. R. A modified predrift fit of Greenland and western Europe. — Nature, 1974, vol. 251, N 5472, p. 209—211). Некоторые из них затрагивают также и реконструкции в области Арктики, где Евразийский глубоководный бассейн и его срединная зона спрединга — подводный хребет Гаккеля — образовались вследствие удаления Гренландии и Канады от края шельфа о-вов Шпицберген и северных морей Советского Союза (Грачев А. Ф. Рифтовые зоны Земли. Л., 1977. 246 с.; Деменицкая Р. М. Кора и мантия Земли. 2-е изд. М., 1975. 256 с.; Харланд У. Б. Проверка фактами теории мобилизма: Пер. с англ. — Учен. Зап. НИИГА, 1967, вып. 10, с. 71—96).

А. Вегенер упоминает мимоходом о небольшом повороте против часовой стрелки блока о-ва Ньюфаундленд по отношению к материковому массиву Северной Америки и о повороте (на 35°, также против часовой стрелки) Пиренейского полуострова с образованием «глубокой впадины Бискайского залива, раскрывшейся подобно книге» (с. 81, 85, 86). В настоящее время повороты о-ва Ньюфаундленд и Пиренейского полуострова (по отношению к палеозойским складчатым массивам Западной Европы) убедительно доказаны в ряде палеомагнитных исследований. Более того, поворот Пиренейского полуострова находит себе аналогию во вращении Апеннинского полуострова и других блоков в области Средиземноморья, связанном с общим смещением Африки на восток по отношению к Западной Европе (Кропоткин П. Н. Тектоническое развитие Средиземноморья в свете геофизических данных. — В кн.: Тектоника

Средиземноморского пояса. М., 1980, с. 99—104; Channell J. E. T., D'Argenio B., Horváth G. Adria, the African promontory, in Mesozoic Mediterranean palaeogeography. — Earth Sci. Rev., 1979, vol. 19, N 3, p. 213—292). Это смещение, происходившее в течение мезозоя и кайнозоя, в свою очередь следует из реконструкции палеозойских материков, составлявших Пангею Вегенера. В такой реконструкции герцинские складки Атласа продолжаются в южные Аппалачи, а северо-западная часть Африканской докембрийской платформы — во Флоридо-Багамскую платформу, расположенную к юго-востоку от Аппалачей. Переход от подобной реконструкции, принятой Э. Краусом (1951, 1965 гг.) и другими исследователями (Van Houten F. B. Late variscan nonmarine deposits, north-western Africa: implication for pre-drift North Atlantic reconstructions. — Amer. J. Sci., 1976, vol. 276, N 6, p. 671—693), к современному расположению материков требует указанного смещения Африки на восток по отношению к Европе и вращения против часовой стрелки тех блоков в зоне Средиземноморья, которые расположены между этими континентами.

На с. 86, 87 и 196 Вегенер, рассматривая расположенные посреди Атлантического океана возвышенности и о-в Исландию как «части, отколовшиеся от краев материковых глыб» при их смещении, предвосхищает современное представление о микроконтинентах. Теперь для этого региона приводятся яркие примеры таких структур — о-в Феро и банка Роколл (Caster U., Saxov S. Evidence for continental crust beneath the Faeroe islands. — Nature, 1974, vol. 248, N 5445, p. 202—204), гранитный отторженец вблизи Армориканского массива (Pautot G., Renard V., Auffret G., Pastouret L., de Charpal O. A granite cliff in the North Atlantic. — Nature, 1976, vol. 263, N 5579, p. 669—672). Имеются некоторые указания на существование микроконтинентов в цоколе Исландии, к западу и востоку от ее центрального грабена (Дж. Уокер).

Наиболее убедительная аргументация касается сходства геологического строения и контуров Африки и Южной Америки. Эти факты были изложены с большой полнотой уже в упомянутой сводке А. Дю Тойта (1937; 2-е изд., 1957) и дополнены в настоящее время целым рядом детальных исследований. Оказалось, что в реконструкции Вегенера хорошо объединяются не только палеозойские и раннемезозойские геологические структуры (Маак Р. К палеогеографии Гондваны. — Тр. XXI Междунар. геол. конгр., 1963, вып. 1, с. 448—480), но и одновозрастные, сходные по своей стратиграфии и петрохимическим особенностям комплексы или зоны докембрия (Ebert H. Beitrag zur Gliederung der Präkambriums in Minas Gerais. — Geol. Rundsch., 1957, Bd 45, N 3, p. 417—421; Hurley P. M., de Almeida F. F., Melcher G. G., Cardani U. G., Rand J. R. et al. Test of continental drift by comparison of radiometric ages: A pre-drift reconstruction schows matching geologic age provinces in West Africa and Northern Brazil. — Science, 1967, vol. 157, N 3788, p. 455—499; Katz M. B. Paired metamorphic belts of the Gondwanaland Precambrian and plate tectonics. — Nature, 1972, vol. 239, N 5370, p. 271—273; Fyfe W. S., Leonardos O. N. Ancient metamorphic-migmatite belts of the Brazilian—African coasts. — Nature, 1973, vol. 244, N 5417, p. 501—502).

Детальные сопоставления петрохимии и абсолютного возраста мезозойских базальтов и щелочных пород прибрежных частей Африки и Бразилии позволили уточнить время раскрытия южной части Атлантического океана (Siedner G., Miller J. K-Ar age determinations on basaltic rocks from south-west Africa and their bearing on continental drift. — Earth a. Planet. Sci. Lett., 1968, vol. 4, N 6, p. 451—458; Norman H. Timing of spreading in the South Atlantic: information from Brazilian alkalic rocks. — Bul. Geol. Soc. Amer., 1977, vol. 88, N 1, p. 101—112). Последовательные этапы образования морских отложений мелового периода, содержащих почти идентичную фауну ракообразных, прослежены в ряде работ по палеогеографии этой части Гондваны (Kumar N., Gambôa L. A. P. Evolution of the San Paulo plateau (south-eastern Brazilian margin) and implications for the early history of the South Atlantic. — Bul. Geol. Soc. Amer., 1979, vol. 90, pt 1, N 3, p. 281—293).

Интересные специальные исследования были проведены Л. Кингом еще в 1953 г. для сравнения стратиграфии Фолклендских (Мальвинских) островов и Южной Африки. От архея до триаса включительно разрез этих районов почти одинаков, так же как и специфическая морская фауна девонского периода, между тем как расстояние между ними составляет 6500 км (Кропоткин П. Н., 1961, см. с. 217).

Отмеченное на с. 87 несовпадение контуров материкового склона Африки в районе дельты р. Нигер и Южной Америки получило простое объяснение. При геофизических исследованиях обнаружено, что этот район африканского побережья сложен верхнемеловыми и кайнозойскими отложениями, накопившимися поверх базальтовой коры океана. Граница же докембрийского цоколя Африки проходит здесь далеко от берега, внутри континента, в полном соответствии с реконструкцией (Burke K., Dessauvagie T. F. J., Whiteman A. J. Opening of the gulf of Guinea and geological history of the Benue depression and Niger delta. — Nature, 1971, vol. 233, N 38, p. 51—58).

Специальные исследования, подтвердившие построения Вегенера (с. 99, 100), показали прежнюю континентальную связь Южной Африки с Антарктидой (Cooper M. R., Oosthuizen R. Archaeocyathid-bearing erratics from Dwyka subgroup (Permo—Carboniferous) of south Africa and their importance to continental drift. — Nature, 1974, vol. 247, N 5440, p. 396—398) и Австралии с Антарктидой. Отличное совпадение контуров материкового склона этих двух континентов позволило предложить удачную реконструкцию, выполненную с помощью ЭВМ (Sproll W. P., Dietz R. S. Morphological continental drift fit of Australia and Antarctica. — Nature, 1969, vol. 222, N 5191, p. 345—348). Она была затем окончательно уточнена по геологическим данным (Laird M. G., Cooper R. A., Jago J. B. New data on the lower Palaeozoic sequence of northern Victoria Land, Antarctica, and its significance for Australian—Antarctic relations in the Palaeozoic. — Nature, 1977, vol. 255, N 5590, p. 107—110). Пояса позднепротерозойской и герцинской складчатостей, соответствующие им геосинклинали с идентичным стратиграфическим разрезом и даже узкий трог, прослеженный в Тасмании и Восточной Антарктиде, продолжаются в реконструкции естественным образом с одного континента на другой.

Если, так же как у Вегенера, рассматривать в реконструкциях Новую Зеландию как часть внешнего, более молодого, мезокайнозойского геосинклинально-складчатого пояса, примыкавшего к Австралии непосредственно с востока, то и этот пояс найдет себе продолжение в Антарктиде, протягиваясь до Земли Грейама. Соответствующие реконструкции обоснованы в той же работе Лэйрда и Купера, а также в других исследованиях (Griffiths J. R. Reconstruction of the southwest Pacific margin of Gondwanaland. — Nature, 1971, vol. 234, N 5326, p. 203—207; Howell D. G. Mesozoic accretion of exotic terraines along the New Zealand segment of Gondwanaland. — Geology, 1980, vol. 8, N 10, p. 487—491; Kamp P. J. J. Pacifica and New Zealand: proposed eastern elements in Gondwanaland's history. — Nature, 1980, vol. 288, N 5792, p. 659—664). Подводные валы, на которых располагаются о-ва Новая Каледония и Лорд-Хау, отодвигались от Австралии приблизительно так, как наметил Вегенер (Barron E. J., Harrison C. G. A. Reconstruction of the Campbell plateau and the Lond Howe rise. — Earth a. Planet. Sci. Lett., 1979, vol. 45, N 1, p. 87—92). Происхождение впадин Красного моря и Аденского залива освещено Вегенером в гл. 5 (с. 87) и гл. 10 (рис. 50). Раскрытие Аденского залива связывается со спредингом на оси срединного хребта в Индийском океане. Ответвление осевой зоны этого хребта продолжается в Аденский залив (Tapscott C. R., Patriat P. et al. The Indian ocean triple junction. — J. Geoph. Research, 1980, vol. 85, N 8—9, p. 4723—4739). Много исследований посвящено треугольнику Афар, который нарушает возможность простого сближения берегов Красного моря по изогипсам рельефа, как было отмечено уже Вегенером. Эта неувязка объясняется необычайно мощным накоплением вулканитов на стыке трех рифтовых зон — Восточно-Африканской, Красноморской и Аденского залива (Tazieff H., Varet J., Barberi F., Giglia G. Tectonic significance of the Afar (or Dànakil) depression. — Nature, 1972, vol. 235, N 5334, p. 144—147).

Выше уже говорилось о дискуссии, касающейся позиции Мадагаскара и позиции Индостана по отношению к Африке и Антарктиде в реконструкции Гондваны. Принятую Вегенером южную позицию о-ва Мадагаскар рассматривали Долгинов и Поникаров (Долгинов Е. А., Поникаров В. П. О древних структурных связях Мадагаскара с Африкой.— Изв. вузов, 1978, № 2, с. 77—84). Его соотношение с Индией, подобное вегенеровской реконструкции, недавно обосновали Катц и Премоли (Katz M. B., Premoli C. Indian and Madagascar in Gondwanaland based on matching of Precambrian limeaments. — Nature, 1979, vol. 279, N 5711, p. 312—315).

Намеченные в книге Вегенера связи Антарктиды с поясом Анд Южной Америки через Землю Грейама также получили обоснование в ряде работ (Frakes L. A., Crowell J. C. Late Palaeozoic glacial facies and the origin of South Atlantic basin. — Nature, 1968, vol. 217, N 5131, p. 937—938; De Witt M. J. The evolution of the Scotia arc as a key to the reconstruction of southwestern Gondwanaland. — Tectonophysics, 1977, vol. 37, N 1—3, p. 53—81; Harrison C. G. A., Barron E. J., Hay W. W. Mesozoic evolution of Antarctic peninsula and the southern Andes. — Geology, 1979, vol. 7, N 8, p. 374—378).

То же можно сказать относительно Индийской платформы, пододвинутой под Гималаи, и о смятии слоев в Гималаях на фронтальной части платформы (Acharyya S. K. India and southeast Asia in Gondwanaland fit. — Tectonophysics, 1979, vol. 56, N 3—4, p. 261—276; Klootwijk C. K., Peirce J. W. India's and Australia's pole path since the late Mesozoic and the India—Asia collision. — Nature, 1979, vol. 282, N 5739, p. 605—607).

IV. Комментарии к гл. 6 (Палеонтологические и биологические аргументы, с. 102—122).

Поскольку биологические, в том числе и палеонтологические, аргументы дают менее строгие доказательства дрейфа материков, чем, например, палеомагнетизм, естественно, что в той литературе, которая была опубликована с 1930 г., т. е. после кончины А. Вегенера, раздавались голоса как за, так и против его теории. Возражения были сформулированы в статьях Э. Хеннига, Э. Куммерова и В. Бермана, опубликованных в уже упомянутом сборнике материалов симпозиума 1939 г., Эмерсона и Дж. Симпсона — в сборнике работ симпозиума, опубликованном в 1952 г. (The problem of land connections across the South Atlantic with special respect to the Mesozoic. — Bul. Amer. Museum Natur. History, New York, 1952, vol. 99, Article 3, p. 258). Оспаривалась слишком поздняя (после эоцена) датировка отделения Южной Америки от Африки. Фактически Вегенер отказался от нее, приняв уже в 1929 г. за время разделения этих континентов нижнемеловую эпоху, как это признано и в настоящее время. Указывалось на вероятность рассеяния фауны и флоры, на более сложные пути миграции организмов и другие факторы, якобы достаточные для того, чтобы объяснить наблюдаемое сходство организмов на разных материках (Axelrod D. J. Fossil floras suggest stable, not drifting, continents. — J. Geophys. Research, 1963, vol. 68, N 10, p. 3257—3263; Oppenheim V. Critique of hypothesis of continental drift. — Bul. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1967, vol. 51, N 7, p. 1354—1360. Максимова С. В. Гипотеза перемещения материков и зоогеография. — Природа, 1958, № 5, с. 21—30). Однако эти возражения вызвали контркритику (Doumani G. A. Critique of hypothesis of continental drift by V. Oppenheim. — Bul. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1968, vol. 52, N 2, p. 354—357), и было опубликовано немало работ, подтверждающих теорию дрейфа (Chaloner W. G. Continental drift. — New Biology, 1959, N 29, p. 7—30; Melvill R. Continental drift, Mesozoic continents and the migration of the angiosperms. — Nature, 1966, vol. 211, N 5045, p. 116—120; Cox C. B. Migrating Marsupials and drifting continents. — Nature 1970, vol. 226, N 5247, p. 767—770; Fooden J. Breakup of Pangaea and isolation of relict mammals in Australia, South America and Madagascar. — Science, 1972, vol. 175, p. 894—898; Aubrêville A. Distribution des conifères dans la Pangée permienne. — C. R. Acad. Sci., Paris. Ser. D., 1973, vol. 276, N 13, p. 1973—1976; Organisms and Continents through Time/ Ed. N. F. Hughes. Special Papers in Palaeontol., 1973, N 12, 334 p.). Последняя из указанных работ представляет собой сборник трудов симпозиума, состоящий из 23 статей, в которых данные палеонтологии и палеофлористики рассматриваются на современном научном уровне с позиций мобилизма.

В СССР палеоботаники Криштофович (Криштофович А. Н. Ботанико-географическая зональность верхнего палеозоя. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1937, № 3, с. 383—401), Вахрамеев (Вахрамеев В. А. 1) Дрейф материков в свете палеоботанических данных. — В кн.: Проблемы теоретической и региональной тектоники. М., 1971, с. 254—261; 2) Мезозойские флоры южного полушария и их соотношение с флорами северных континентов. — Палеонтол. журн., 1972, № 3, с. 146—161), С. В. Мейен поддерживали идеи мобилизма и пользовались реконструкциями Вегенера и Дю Тойта. Известный ботаник Е. В. Вульф (1885—1941) в своем обзоре флор, опубликованном посмертно (Вульф Е. В. Историческая география растений: История флор земного шара. М.; Л., 1944. 546 с.), чрезвычайно высоко оценивал значение теории Вегенера. Отмечая, что «растительность во всех местонахождениях каменного угля, от Шпицбергена и Гренландии до Южной Америки и Южной Африки, в течение нижнего каменноугольного периода поразительно однообразна», он считал, что возникающие в этом случае «затруднения легко разрешаются, если допустить, согласно теории Вегенера, существование в каменноугольном периоде единой суши, являвшейся совокупностью всех — позже разошедшихся — современных материков» (с. 12). Общие черты между тропическими флорами Африки и Америки, писал он, «не оставляют никакого сомнения в наличии материковой связи между Африкой и Америкой в меловом и начале третичного периода. Исходные типы родов были тогда распространены на этом, в то время еще связанном, материке» (с. 89).

Менее категоричными были заключения советских палеонтологов, изучавших, в частности, распространение позвоночных (Шишкин М. А. Древние наземные позвоночные и проблема Гондваны. — Природа, 1974, № 9, с. 60—67). Отмечалось, что в пользу целостности и обособленности материка Гондваны в конце палеозоя и в начале триаса говорит присутствие специфических общих родов раннепермских и раннетриасовых пресмыкающихся и очень сходный облик среднетриасовых тетраподных фаун в Южной Африке и Южной Америке, распространение практически единой раннетриасовой фауны в Южной Африке и Антарктиде, существование некоторых южно-африканских семейств амфибий в нижнем триасе Австралии. «Доводами в пользу единства Лавразии можно считать большое сходство карбоновой и раннепермской фаун Северной Америки и Европы и — с известными оговорками — присутствие некоторых характерных групп водных амфибий и рептилий на этих же материках в позднем триасе» (Шишкин, 1974, с. 67).

Таким образом, в целом степень аргументированности теории дрейфа материков по биологическим данным оставалась примерно на том же уровне, какой был охарактеризован А. Вегенером в гл. 6 его книги в 1929 г. Многие решения можно найти лишь ориентировочно, по «большинству голосов» специалистов, как это делал Вегенер.

V. Комментарии к гл. 7. (Палеоклиматические аргументы, с. 122—144) и гл. 8 (Основные выводы о дрейфе континентов и миграции полюсов, с. 144—160).

В Советском Союзе Н. М. Страховым (Страхов Н. М. Типы климатической зональности в послепротерозойской истории Земли и их зна-

чение для геологии. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1960, № 3, с. 3—25) и Л. Б. Рухиным (Рухин Л. Б. Основы общей палеогеографии. 2-е изд. Л., 1962. 628 с.) по всем периодам, начиная с кембрийского, были составлены палеоклиматические карты земного шара. Они выполнены на фиксированной основе, предполагающей постоянство современного расположения материков. Однако эта большая работа является весьма уязвимой для критики и не опровергает основных построений А. Вегенера, убедительность которых аргументирована в сводке Шварцбаха (Шварцбах М. Климаты прошлого. М., 1955. 284 с.) и в позднейших обзорах (Проблемы палеоклиматологии. М., 1968. 448 с.; Кропоткин П. Н Палеомагнетизм, палеоклиматы и проблема крупных горизонтальных движений земной коры. — Сов. геол., 1961, № 5, с. 16—38; Маак Р. К палеогеографии Гондваны. — Тр. XXI Междунар. геол. конгр., 1963, вып. 1, с. 448—480; Climates of the Past. Descriptive Palaeoclimatology / Ed. A. E. Nairn. New York, 1961. 380 p.). В зарубежной литературе, пожалуй, только Стэли, основываясь на распространенности пермских фораминифер, выдвинул аргументированные возражения против построений Вегенера, поддержанные Ю. М. Шейнманном (Stehli F. G. Possible permian climatic zonation and its implications. — Amer. J. Sci., 1957, vol. 225, N 9, p. 607—618).

Однако с учетом распространения фузулинид в пермских морских отложениях Корякского хребта, р. Пенжины, хр. Сихотэ-Алинь и о-ва Сахалин его построения следует изменить, тогда они будут согласовываться с мобилистской реконструкцией.

Интересные исследования по палеоклиматам девона подкрепляют выводы о существовании палеозойских суперконтинентов Лавразии и Гондваны, реконструированных Вегенером главным образом на основании данных о климатах верхнего палеозоя (Chlupač I., Krs M. Paläomagnetismus und Paläoklimatologie des Devons. — Geologie, 1967, Bd 16, N 8, S. 869—888; Woodrow D. L., Fletcher F. W., Ahrnsbrak W. F. Paleogeography and paleoclimate at the deposition sites of the Devonian Catskill and Old Red facies. — Bul. Geol. Soc. Amer., 1973, vol. 84, N 9, p. 3051—3064; Copper P. Paleolatitudes in the Devonian of Brazil and the Fransnian-Famenian mass extinction. — Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., 1977, vol. 21, N 3, p. 165—207).

Сохраняя принцип фиксированного взаимного расположения континентов, Н. М. Страхов, Л. Б. Рухин и Ю. М. Шейнманн (Шейнманн Ю. М. Верхнепалеозойские и мезо-кайнозойские климатические зоны Восточной Азии. — Бюл. МОИП. Отд. геол., 1954, т. 29, № 6, с. 27—49) пытались истолковать изменения палеоклиматов в предположении, что весь земной шар или вся верхняя оболочка (кора) как целое постепенно поворачивались по отношению к полюсам и оси вращения Земли. Северный полюс, по Страхову и Рухину, находился в нижнем палеозое в центральной части Тихого океана и таким образом переместился в течение неогея (0.5 млрд. лет) на 70—80°. Эти построения, так же как и палеоклиматические карты Евразии, составленные Ю. М. Шейнманном, хорошо согласуются с палеомагнитными данными по Европе и северной половине Азии, указывая, что материковые массы Евразии (без Индии) перемещались по отношению к полюсу со средней скоростью порядка

1.5—2 см в год. Значительно хуже они согласуются с данными, имеющимися по Африке и Северной Америке.

Чтобы сохранить принцип фиксизма, Н. М. Страхов и Л. Б. Рухин были вынуждены в своих глобальных построениях проводить линию экватора в верхнем палеозое (карбон, пермь) через такие районы Индии и Австралии, в которых широко распространены ледниковые отложения этого времени. Известно, что при фиксированном положении континентов получается парадоксальная картина — широкое распространение верхнепалеозойских ледниковых отложений на одной половине земного шара с центром около 40° ю. ш., 70° в. д. (в Бразилии, Южной Африке, Индии, Австралии и Антарктиде) и красноцветных отложений, солей, гипсов и доломитов, указывающих на сухой и жаркий климат, в другом полушарии. Его центр приходится, следовательно, помещать на 40° с. ш., 110° з. д. Эта климатическая нелепость уже давно, вслед за В. Кёппеном и А. Вегенером, была подчеркнута М. Шварцбахом, Б. Л. Личковым, М. Жинью, К. Беурленом и С. Н. Бубновым, который писал, что именно «в области вопросов климата остается ряд фактов, которые ничем не могут быть объяснены, кроме перемещения континентов» (Бубнов С. Н. Основные проблемы геологии: Пер. с нем. М.; Л., 1934. 176 с.).

Попытки Н. М. Страхова и Л. Б. Рухина рассматривать верхнепалеозойские гляциальные отложения как следы горного оледенения не выдерживают критики. Детальными исследованиями доказана их связь с отложениями марино-гляциальными и прибрежно-морскими, накапливавшимися на заболоченных низменностях при образовании угленосных толщ.

Следует отметить, что Н. М. Страхов все же стремился найти компромиссное решение, допускающее «наличие некоторого мобилизма литосферы» — сближение платформ при замыкании геосинклиналей и взаимное перемещение континентов (Страхов Н. М. Климатическая зональность в верхнем палеозое на северо-западе Евразии. — Сов. геол., 1945, № 6, с. 3—14).

Палеоклиматические условия, восстанавливаемые на основании литологических особенностей палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений, во всех случаях согласуются с теми определениями прежней географической широты, которые дает изучение палеомагнетизма. Комплексы гляциальных отложений (например, в ордовике северо-западной Африки, карбоне Южной Африки, пермских отложениях Австралии) всегда имеют палеомагнитную широту от 60 до 90°, эвапориты в своем распространении не выходят за пределы 30° с. ш. или 30° ю. ш. Так, например, соленосные отложения кембрия Сибирской платформы отлагались приблизительно на 10° ю. ш.—10° с. ш. того времени. Все это позволяет комбинировать палеомагнитные и палеоклиматические данные при реконструкциях и решать вопрос о перемещении всей внешней оболочки Земли или земного шара в целом по отношению к его оси вращения. До тех пор, пока такие выводы основывались главным образом на анализе палеоклиматов наиболее изученных материков, без учета данных по Южной Америке и Антарктиде и при неравномерном распределении материков на земном шаре (в полушарии, противоположном Тихоокеанской области), создавалось впечатление, что такой поворот Земли относительно оси вращения действительно имел место. Такой вывод неизбежно полу-

чался при попытках систематизации палеоклиматических данных на фиксистской основе, как, например, в упомянутых сводках Н. М. Страхова и Л. Б. Рухина и в более раннем обобщении, сделанном Крейхгауэром в 1902 г.

Основываясь на палеоклиматических данных, А. Вегенер также принимал, помимо перемещения континентов относительно друг друга, общий поворот всего тела Земли по отношению к оси вращения и полюсам. В гл. 8 (рис. 41) он пытался объяснить трансгрессии и регрессии эпиконтинентальных морей на материковых плитах более медленным приспособлением формы Земли к новому положению оси вращения по сравнению с изменением формы поверхности геоида (с которой совпадает поверхность Мирового океана). Однако эти построения ученого не нашли подтверждения в дальнейших исследованиях. И дело не только в том, что упругая деформация Земли, определяющая форму геоида, вполне успевала бы за движением полюса, если приписать ему разумное значение скорости.

Было выполнено несколько специальных математических исследований, основанных на палеомагнитных данных по всем материкам, с целью выделения из общей картины их взаимных перемещений той компоненты, которая отражает перемещение оси вращения по отношению к Земле в целом (Апарин В. П., Веденков В. С. — Геомагнетизм и аэрономия, 1976, т. 16, № 5; 1977, т. 17, № 6: Dickman S. R. Continental drift and true polar wandering. — Geophys. J. Roy, Astron. Soc., 1979, vol. 79, N 1, p. 41—50). В результате таких исследований выяснилось, что скорость собственного перемещения полюсов по отношению к массе всей Земли на порядок меньше, чем скорости взаимного перемещения литосферных плит или материков. За последние 55 млн. лет она составляла в среднем всего лишь 0.4 см год. Полюс переместился за это время только приблизительно на 2° по дуге большого круга (McElinny M. W. Mantle plumes, palaeomagnetism and polar wandering. — Nature, 1973, vol. 241, p. 523—524; Jurdy D. M., Van der Voo R. A method for the separation of true polar wander and continental drift, including results for the last 55 my. — J. Geophys. Res., 1974, vol. 79, N 20, p. 2945—2952).

Позднейшие исследования Р. Ван дер Воо показали, что заметного перемещения полюсов по отношению к Земле не было на протяжении 120 млн. лет. Поэтому можно думать, что если с начала палеозоя, т. е. за 500 млн. лет, и произошел некоторый поворот Земли по отношению к оси ее вращения, то величина такого поворота была гораздо меньше того смещения (75°), которое Крейхгауэр, Н. М. Страхов и Л. Б. Рухин определили на базе фиксизма.

Используя данные Ванаха (рис. 39), полученные на основании астрономических определений обсерваторий Международной службы широты, Вегенер правильно подметил, что, анализируя кругообразные движения полюса, соответствующие главным образом чэндлеровским колебаниям (имеющим период 433 сут), по расположению центров этих окружностей можно установить общее смещение полюса. По современным данным, такое общее смещение Северного полюса происходит в сторону Гренландии со скоростью около 10 см в год. Однако большая разница между этой величиной и средней скоростью перемещения полюса в течение

кайнозоя, вычисленной по палеомагнитным данным (0.4 см в год), позволяет думать, что величина 10 см в год отражает не реальный поворот всей Земли, а результат суммирования индивидуальных движений обсерваторий. Обсерватории Службы широты расположены на 39° с. ш. в подвижных поясах Земли — в Калифорнии, Италии, Японии и Узбекистане и обнаруживают различный ход изменения широты, указывающий на такой характер их движения. Если бы обсерватории находились в более стабильных тектонических областях (на платформах) и были бы равномерно расположены по всем литосферным плитам, то суммарный результат наблюдений был бы, вероятно, совершенно иным.

Таким образом, в свете современных данных вряд ли можно сохранить представление Вегенера о связи регрессий и трансгрессий с перемещениями полюса. Перемещения полюса, соответствующие общему повороту Земли по отношению к оси вращения, невелики по сравнению с разнообразными взаимными перемещениями литосферных плит, а тело твердой Земли обладает такими упруго-вязкими свойствами, которые позволяют ему приспосабливать свою форму к форме эллипсоида вращения достаточно быстро. Поэтому перемещения полюса со скоростью 0.4—10 см в год не могли вызвать такой разницы между формой твердой Земли и формой поверхности ее водной оболочки, которая была бы достаточна для заметных трансгрессий и регрессий по схеме, изображенной на рис. 41 (Стейси Ф. Физика Земли: Пер. с англ. М., 1972. 344 с.).

VI. Комментарии к гл. 9 (Движущие силы, с. 161—171) и гл. 11 (Дополнительные замечания относительно дна глубоких морей, с. 192—201).

В гл. 9 А. Вегенер подробно рассматривает различные предположения относительно сил, которые могли бы вызвать перемещение материков, — полюсобежной силы и сил, обусловленных вращением Земли в сочетании с гравитационным воздействием Луны. Однако как из его текста, так и из позднейших исследований видно, что эти силы недостаточны для того, чтобы вызвать скольжение материковых глыб по подстилающему их подкоровому слою — симе или смещение коры и верхних слоев мантии по астеносфере (Внутреннее строение Земли/ Ред. Б. Гутенберг. М., 1949. 417 с.). Исключение составляют, может быть, приливообразующие силы, которые, по подсчетам Надаи (Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел: Пер. с англ. М., 1969, т. 2. 863 с.) и Бострома (Bostrom R. Westwanderung and the lunar tidal couple: modulation of convection by bulge stress. — The Moon. 1976, vol. 15, p. 109—117; Bostrom R. Tectonics of the tidal, convective Earth. — Modern Geol., 1978, vol. 6, N 3, p. 171—183), могут вызвать медленное проскальзывание внешних геосфер на запад по отношению к внутренним слоям. Такое проскальзывание могло бы выразиться в западном дрейфе коры и самых верхних слоев мантии по астеносфере.

Однако так называемый ротационный фактор в тектонике, который проявляется, например, в ориентировке островных дуг (все типичные островные дуги обращены выпуклостью на восток или на юг) и в наклоне связанных с ними зон Беньофа, свидетельствует скорее о проскальзывании верхних слоев на восток по отношению к глубоким слоям и ядру Земли, т. е. о противоположном эффекте (Кропоткин П. Н. Воз-

можная роль космических факторов в геотектонике. — Геотектоника, 1970, № 2, с. 30—46). В частности, так называемый западный дрейф недипольной части земного магнитного поля, составляющий 0.18° в год по долготе, обычно рассматривается как указание на медленное вращение магнитного ядра Земли на запад по отношению к ее внешней оболочке и коре (Стейси Ф. Физика Земли. М., 1972. 342 с.). Это равносильно восточному дрейфу коры и оболочки по ядру со скоростью, составляющей на экваторе 20 км в год, что почти в миллион раз больше, чем средняя скорость горизонтальных перемещений материков или литосферных плит относительно друг друга.

Следует отметить, что предположение о западном дрейфе материков при неподвижности подкорового слоя (симы), которое отстаивал Вегенер, при всей слабости физической аргументации этой идеи привело ученого к правильному выводу о возникновении глубоких впадин с корой океанического типа, расположенных в тылу островных дуг (Японской, Филиппинской, Ново-Зеландской и др., рис. 52), в результате разрыва и растяжения коры. Образование глубоких впадин окраинных морей в процессе растяжения доказывается как реконструкциями, так и палеомагнитными данными (Кропоткин П. Н., Шахварстова К. А. Геологическое строение Тихоокеанского подвижного пояса. М., 1965. 368 с.; Kropotkin P. N. The crystal structure and origin of the basins of Japan sea and some other seas of the Circum-Pasific mobile belt. — J. Phys. Earth (Tokyo), 1978, vol. 26, suppl. 527—535).

Заканчивая рассмотрение ротационного фактора в геотектонике применительно к гипотезе Вегенера, следует упомянуть, что за последние 20 лет некоторые исследователи, занимавшиеся изучением ориентировки крупных разрывов литосферы, вновь вернулись к анализу его возможной геодинамической роли. Так, П. С. Воронов усматривал влияние полюсобежных сил на структуру литосферы в особенностях сдвиговой тектоники континентальной коры западного и восточного полушарий Земли, в характере географического распределения в них по долготе эпицентров крупных землетрясений, в местоположении, ориентировке и тангенциальной направленности смещения блоков земной коры внутри Карибской островной дуги и островной дуги Банда, а также в некоторых других тектонических данных. Упомянутый исследователь полагает, что блоки континентальной коры Евразии и Северной Америки как бы оплывают к югу, в сторону экватора (это явление он назвал геофлюкцией) по двум системам глобальных сдвиговых зон. Первая из них представлена системой внутриконтинентальных сдвигов, имеющих северо-западную и северо-восточную ориентировку относительно оси, расположенной приблизительно вдоль 100° в. д. и 80° з. д., и соответственно правую и левую направленность движения своих крыльев. Вторая, периконтинентальная, система глобальных сдвиговых зон особенно четко прослеживается вдоль тихоокеанских побережий Азии и Северной Америки, а также вдоль южной и юго-западной окраин Восточно-Европейской платформы. Вдоль тихоокеанского побережья Северной Америки и окраин упомянутой платформы резко преобладают правые сдвиги, а вдоль азиатского побережья Тихого океана — левые. По мнению П. С. Воронова, все приведенные закономерности местоположения, ориентировки и характера сме-

щения крыльев региональных сдвигов, расположенных внутри этих глобальных сдвиговых зон, могут быть объяснены только результатом длительного (многие десятки миллионов лет) геодинамического воздействия полюсобежных сил на массы вещества континентальной коры Северной Америки и особенно Евразии (Воронов П. С. 1) О проблеме структуры Арктического бассейна и о глобальных сдвиговых зонах Земли. — Проблемы Арктики и Антарктики, 1964, № 18, с. 11—23; 2) Две проблемы планетарной геологии. — Зап. ЛГИ, 1979, т. 81, с. 61—68).

Время покажет, насколько и когда изложенные построения П. С. Воронова станут общепризнанными, но безусловно симптоматичен тот факт, что новейшие данные региональной геотектоники приводят современных исследователей к аргументированному использованию того же ротационного геотектонического фактора, которым одним из первых в науке стал пользоваться А. Вегенер. И в этом опять-таки состоит непреходящая ценность его оригинального подхода к геотектоническому развитию нашей планеты.

В конце гл. 9 Вегенер кратко упоминает о конвекционных течениях в мантии Земли (симе). Гипотезы подкоровой конвекции уже разрабатывались в 20-х годах Джоли, Швиннером, Киршем и Ампферером. Именно это направление исследований привело к удовлетворительному решению вопроса о силах, движущих материки. Крупномасштабная циркуляция вещества в мантии Земли доказывается четырьмя независимыми путями: 1) данными, указывающими на субдукцию литосферных плит в глубоководных желобах и спрединг (расширение) морского дна на срединных хребтах океанов, 2) палеомагнитными данными и мобилистскими реконструкциями, 3) тем фактом, что мантия в высокой степени очищена от литофильных элементов, которые накопились в коре материковых глыб, 4) геотермическими данными, показывающими, что радиоактивные элементы (U, Th, K), генерирующие тепло Земли, вынесены в ее верхние слои, главным образом в гранитную кору (Ботт М. Внутреннее строение Земли. М., 1974. 376 с.; Кропоткин П. Н. Проблемы геодинамики. — В кн.: Тектоника в исследованиях Геологического института АН СССР. М., 1980, с. 176—247). Конвекция может вызываться температурной и соответственно плотностной неоднородностью, гравитационной дифференциацией (например, по схеме, предложенной Э. Краусом) и перераспределением вещества в зависимости от его пластичности, возрастающей с увеличением температуры, в условиях изменяющегося радиуса Земли, например ее попеременного сжатия и расширения согласно пульсационной гипотезе В. А. Обручева, М. А. Усова и В. Бэчера.

Относительная роль этих факторов до сих пор не выяснена. Поэтому можно и в наши дни согласиться с резюмирующими высказываниями А. Вегенера, что «вопрос о силах, которые вызывали и вызывают перемещения материков, остается еще совершенно открытым», но несомненно, что «силы, которые перемещают материки, являются теми же самыми силами, которые формируют крупные складчатые сооружения» (с. 171).

В гл. 11 Вегенер правильно подметил, что более глубокие области в океанах имеют в общем более ранний возраст коры (с. 192). В то же время он совершенно ошибочно отнес абиссальные равнины, которые характеризуются очень ровным, гладким рельефом, к областям, где обна-

жен слой симы (с. 196). К такому идеальному нивелированию поверхности дна, например, в Саргассовом море привело длительное накопление осадков. Это доказано по результатам бурения и сейсмозондирования.

В гл. 11 (с. 199, 200) и гл. 5 (рис. 24) А. Вегенер подробно рассматривает особенности рельефа морского дна и островов Индонезии, района островов Тонга и Фиджи, западной части Индийского океана (Маскаренский подводный хребет и Сейшельские острова), указывая на признаки горизонтальных течений. Эти признаки, изогнутая в плане форма цепей островов или подводных валов и желобов, действительно свидетельствуют о подкоровых течениях, до сих пор, к сожалению, не изученных.

Говоря в гл. 9 и 10 о горообразующих силах как проявлении тех же процессов, которые приводят к дрейфу материков, Вегенер правильно наметил общую схему смятия земной коры с образованием складчатой возвышенности и «корня гор», т. е. утолщения коры под нею (рис. 48), и схему уменьшения толщины коры и образования прогиба или системы грабенов и горстов в зонах растяжения (рис. 47). Эти схемы логически вытекают из представлений о значительных горизонтальных перемещениях в сочетании с требованиями сохранения изостатического равновесия по модели Эри.

Таким образом, оценивая классическую работу А. Вегенера, мы можем подчеркнуть жизненность и эффективность его основных идей. Это концепция больших горизонтальных перемещений материков, выводы об утолщении и смятии коры в складки в зонах сжатия, уменьшении толщины коры и образования прогибов, грабенов и рифтов в зонах растяжения, соображения о кардинальном различии в строении земной коры на материках, где имеется так называемый гранитный слой, и в глубоких частях океанов и утверждение о принципиальной возможности реконструкций путем совмещения контуров изобат материкового склона (где происходит быстрое выклинивание гранитного слоя). На фоне всех этих достижений выглядят несущественными те ошибочные положения Вегенера, которые также были отмечены в наших комментариях.

К ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ИДЕЙ А. ВЕГЕНЕРА

П. С. Воронов

> «Я никак не могу поверить, чтобы ложная теория могла объяснить столько фактов, как без всякого сомнения, мне кажется, объясняет моя теория».
>
> Ч. Дарвин (из письма к Аза Грею)

В истории науки имеется не так уж много примеров того, чтобы такое сравнительно небольшое по объему произведение, как книга А. Вегенера, с которой читатель только что познакомился, имело бы столь революционизирующее действие на многие отрасли знания и вместе с тем вызвало бы столь яростные споры и негодование его противников. Вряд ли будет большим преувеличением сказать, что появление этой книги сделало для развития науки о Земле примерно то же, что в свое время для астрономии — издание труда Николая Коперника «Об обращении небесных кругов». В той и другой работах впервые разрушалось представление о незыблемости земной тверди. У Коперника — в толковании неподвижности Земли как небесного тела, у Вегенера — в понимании горизонтальной неподвижности земли как той твердой оболочки, на которой мы с вами обитаем.

Такое сопоставление роли идей обоих ученых напрашивается еще и потому, что если поборников идей Коперника ожидало на первых порах аутодафе или по меньшей мере отлучение от церкви (что тогда равнялось гражданской смерти), то последователям «фантастических» идей Вегенера до сих пор еще грозит отлучение от «серьезной науки» в глазах иных наиболее строгих ревнителей других геологических концепций.

Продолжая эту аналогию, можно, вероятно, допустить, что на первых порах определенные трудности в понимании идей Коперника и Вегенера возникали (и, по-видимому, до сих пор еще возникают у широкой публики) потому, что в своей повседневной жизни мы, конечно, не ощущаем непосредственно движения Земли в мировом пространстве, а тем более движения материков.

И если так еще обстоит дело с признанием идеи Вегенера в наши дни, то можно себе представить, какие дискуссии в ученом мире они вызывали в первое десятилетие своего появления! Сколько лекций в их защиту А. Вегенеру довелось прочитать, на скольких диспутах выступить... Вот как об этом вспоминает современник Вегенера Бенндорф: «Без длинных вступлений, простыми, доступными словами, трезво и почти сухо, даже немного запинаясь, начал он (А. Вегенер, — *П. В.*) свою лекцию. Когда же систематически, с необыкновенной ясностью и наглядностью одно за другим были приведены геофизические, геологические, палеонтологические, биологические, палеоклиматические доказательства, ученый оживился, глаза его загорелись. Слушатели были покорены красотой, величественностью и мудростью мыслей, которые он пред ними набрасывал. Никогда мне не становилось более ясным, что если тема значительна, ораторское красноречие становится совершенно лишним. В завязавшейся после лекции дискуссии были выдвинуты возражения, на мой взгляд, говорившие лишь о неподготовленности некоторых слушателей. И как же отвечал на них Вегенер! Без следа раздражения, ясно, с удивительным спокойствием. Создавалось полное впечатление, что он уверенно владел огромным материалом, отобранным из различных наук».[1]

Хочется надеяться, что это свидетельство Бенндорфа наилучшим образом отражает общее впечатление от книги Вегенера и у современного непредвзятого читателя. Можно лишь удивляться и восхищаться тем, насколько ясный и логичный ход мыслей Вегенера в пользу дрейфа континентов согласуется с современными знаниями и представлениями о строении глубоких недр нашей планеты и природе тектонических сил. С другой стороны, не следует, вероятно, удивляться и тому, насколько разноречивы были суждения об идеях Вегенера, высказывавшиеся на протяжении 60 лет и высказываемые в настоящее время даже самыми крупными и известными учеными. Приведем хотя бы несколько примеров.

Приветствуя выход в свет книги А. Вегенера в 1922 г., академик А. А. Борисяк писал о ней: «Эта маленькая желтая тетрадка кажется крупнейшим явлением среди геологической литературы».[2] Но вот в 1962 г. член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов в своем большом учебном пособии по геотектонике относительно представлений А. Вегенера о дрейфе материков утверждал: «Объективное рассмотрение этой гипотезы в свете современных как геологических, так и геофизических данных приводит к бесспорному выводу, что она фантастична и не может иметь ничего общего с реальной действительностью».[3] В то же время, несмотря на всю категоричность такого заявления, в 1965 г. известный советский геофизик Е. Н. Люстих, критически рассматривая идеи дрейфа континентов, должен был отметить: «В последние годы гипотеза больших перемещений

---

[1] Эта цитата, а также эпиграф к статье заимствованы из кн.: Кузнецова Л. И. Куда плывут материки. М., 1962, с. 55 и 48. Кроме того, в данной статье широко использованы материалы брошюры автора «Дрейф континентов: за и против» (Л., 1968. 31 с.).

[2] Борисяк А. А. Происхождение материков и океанов. — Природа, 1922, № 1—2, с. 13.

[3] Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. М., 1962, с. 540.

материков опять ожила и стала, пожалуй, даже более популярной, чем в эпоху Вегенера. За рубежом этой гипотезой увлечено, по-видимому, подавляющее большинство крупных геофизиков и много геологов (особенно геологов, работающих в южном полушарии)...

Гипотеза перемещения материков и гипотеза конвекции мантии встречают затруднений и возражений не больше, чем другие, конкурирующие с ними геотектонические и геофизические гипотезы... Прямого опровержения этих гипотез тоже нет. Поэтому они могут фигурировать в качестве рабочих гипотез».[4]

Наконец, в том же году один из крупнейших геологов мира профессор Р. В. ван Беммелен (кстати сказать, никогда раньше не разделявший идей А. Вегенера), как бы подводя итоги затянувшейся дискуссии на эту тему в нашей стране и за рубежом, констатировал: «Континентальный дрейф ныне — геономически хорошо установленный факт».[5]

Казалось бы, все ясно, и на этом можно было бы поставить точку. Однако в 1967 г. член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов снова заявляет: «Тем не менее гипотеза „плавания материков" все еще не выдерживает серьезного научного экзамена... Мы должны с особой тщательностью и придирчивостью относиться к выбору наиболее перспективных направлений и решительно отвергать те идеи, которые при всей их внешней привлекательности уводят научную мысль в мир призраков и самообмана».[6] Насколько нам известно, этот авторитетный ученый мало изменил свое отношение к идеям мобилизма и по сей день, оставаясь одним из их последовательных противников.

В этой связи, освежив в памяти содержание основополагающего труда А. Вегенера, попробуем хотя бы в самых общих чертах разобраться в сложившейся ситуации, начав с «истории вопроса».

Конечно же, отдельные мысли относительно возможностей значительных горизонтальных смещений крупных глыб земной коры неоднократно высказывались и ранее, до А. Вегенера.

Известно, например, что еще английский философ Ф. Бэкон, живший на рубеже XVI и XVII вв., обращал внимание на удивительное подобие восточного и западного побережий Атлантического океана, а зачинатель нашей отечественной науки М. В. Ломоносов даже указывал в XVIII в. на возможность горизонтального перемещения «великих частей земного шара». Так, в § 163 своей книги «О слоях земных» он писал: «Бывшие главные земного шара превращения (перевороты, катастрофы), коими великие оного части перенесены с места на место чрезвычайным насильством внутреннего подземного действия».[7] Это ли не указание на дрейф континентов под воздействием конвенции в веществе мантии Земли или иных тектонических сил?!

---

[4] Люстих Е. Н. Неомобилизм и конвекция в мантии Земли. — Бюл. МОИП. Отд. геол., 1965, т. 40, № 1, с. 5, 6 и 27.

[5] Bemmelen R. W., van. The evolution of the Indian ocean megaondation (causing the Indo-Fugal spreading of Gondwana fragments). — Tectonophysics, 1965, vol. 2, N 1, p. 29.

[6] Белоусов В. В. Движутся ли материки? — Наука и жизнь, 1967, № 2, с. 19 и 21.

[7] Цит. по: Берг Л. С. Ломоносов и гипотеза о перемещении материков. — Изв. ВГО, 1947, № 1, с. 92.

Позднее еще один наш соотечественник Е. В. Быханов в своей книге, изданной в 1877 г. в г. Ливны, обращал внимание читателей на параллельность западных берегов Европы и Африки берегам Америки. Это, по его мнению, не могло быть случайностью, а явилось результатом отодвигания на запад Америки от Европы и Африки под воздействием сил вращения Земли.[8]

Наконец, современник А. Вегенера Ф. Б. Тейлор[9] за два года до него также высказывал очень интересные идеи о значительных горизонтальных смещениях больших участков земной коры. Однако, безусловно, никто из ученых не сделал столько для обоснования, развития и пропаганды гипотезы о дрейфе континентов, сколько сделал А. Вегенер. Именно в этом и заключается его бесценный вклад в развитие науки. Ведь мало в той или иной форме высказать какую-либо свежую и интересную мысль. Надо еще суметь сделать ее достоянием многих и закрепить ее надолго в сознании людей. Словом, для этого надо быть Вегенером. И недаром, конечно, как будет указано в конце этой книги, международная научная общественность так широко и достойно отметила недавно столетие со дня рождения этого выдающегося ученого.

Остановимся теперь на рассмотрении основных этапов жизненного пути А. Вегенера.

Альфред Лотар Вегенер родился 1 ноября 1880 г. в Берлине в семье доктора теологии Рихарда Вегенера и его жены Анны Вегенер. После окончания берлинской гимназии А. Вегенер продолжил свое образование в Гейдельбергском, Инсбрукском и Берлинском университетах, где изучал специальные курсы по астрономии, метеорологии и геофизике. В течение года он работал в астрономическом обществе «Урания» в Берлине, а 24 ноября 1904 г. получил в Берлинском университете ученую степень доктора философии.

С 1 января 1905 г. А. Вегенер — технический ассистент аэрологической обсерватории в Линденберге, где вместе с ним работает его брат Курт Вегенер. Оба они в течение 5—7 апреля 1906 г., ведя метеорологические наблюдения в полете на воздушном шаре, устанавливают новый мировой рекорд продолжительности полета — 52 ч, превысив старые рекорды на 17 ч.

В мае 1906 г. А. Вегенера зачисляют метеорологом в датскую научную экспедицию на северо-восточное побережье Гренландии, где он в течение 1906—1908 гг. во время санных маршрутов исследует состояние слоев атмосферы между 74 и 81° с. ш. с помощью привязных шаров и змеев.

В сентябре 1908 г. А. Вегенер возвращается из экспедиции на родину, в Гамбург. В этом городе он знакомится с известным метеорологом проф. В. Кёппеном, который в дальнейшем становится его близким другом, а с 1909 г. молодой ученый начинает читать лекции по метеорологии и практической астрономии в качестве приват-доцента Марбургского университета. Здесь же в течение четырех последующих лет он обрабатывает

---

[8] Леонов Н. И. Русский самородок Евграф Быханов. — Тр. Ин-та ист. естествозн., 1952, т. 4, с. 195—215.

[9] Taylor F. B. Bearing of the Tertiary Mountain Belt on the Origin of the Earth's Plan. — Geol. Soc. Amer. Bul., 1910, vol. 21, p. 176—226.

материалы своих научных наблюдений в Гренландии, подготавливает монографию «Термодинамика атмосферы», а также публикует более сорока других научных трудов.

В 1910 г. А. Вегенер впервые задумывается над возможностью горизонтального перемещения материков, осенью 1911 г. находит этому палеонтологические доказательства и 6 января 1912 г. выступает в Геологическом обществе во Франкфурте-на-Майне с докладом «Образование крупных форм рельефа земной коры (континентов и океанов) на основании геофизических данных», а 10 января 1912 г. — в Обществе содействия естественным наукам в Марбурге с докладом «О горизонтальном перемещении континентов». В том же году в немецком научном журнале «Петермановские географические сообщения» публикуются две большие научные статьи А. Вегенера на тему упомянутых докладов («Происхождение континентов»).

Одновременно, еще в апреле 1911 г., вместе со своим коллегой по прежней экспедиции в Гренландию капитаном И. Кохом А. Вегенер составляет план будущего пересечения этого острова в самой широкой его части. В мае 1912 г. А. Вегенер выезжает в Данию для участия в новой датской экспедиции в Гренландию. Здесь он вместе с И. Кохом летом 1913 г. осуществляет более чем тысячекилометровый лыжный переход через ледниковое плато из пункта у 76° с. ш. на восточном побережье Гренландии до пункта на 73° с. ш. на ее западном побережье. 15 октября 1913 г. экспедиция возвращается в Копенгаген, а 16 ноября 1913 г. А. Вегенер женится на дочери проф. В. Кёппена — Эльзе Кёппен. До 3 августа 1914 г. А. Вегенер продолжает работать приват-доцентом Марбургского университета, а затем в качестве офицера запаса призывается в действующую германскую армию.

В 1915 г. после двух тяжелых ранений А. Вегенер получает длительный отпуск. Это позволяет ему завершить и опубликовать главный научный труд его жизни — «Происхождение материков и океанов». Книга сразу же вызывает большой интерес в Германии и Австрии, но из-за войны остается малоизвестной для ученых других стран.

В 1916 г. А. Вегенер получает звание титулярного профессора и его вновь призывают в действующую германскую армию в качестве офицера Военно-метеорологической службы. В этой должности он остается до конца войны и возвращается после демобилизации обратно в Марбург лишь 6 декабря 1918 г. Поскольку его место в Марбургском университете к этому времени уже занято, А. Вегенер с 15 апреля 1919 г. становится экстраординарным профессором Гамбургского университета и поселяется вместе со своей семьей в доме проф. Кёппена, с которым он в дальнейшем (до 1923 г.) работает над составлением совместной монографии «Климаты геологического прошлого», основанной на мобилистских реконструкциях древних континентов. Кроме того, в 1919 г., совместно с И. Кохом, А. Вегенер публикует книгу «Через белую пустыню». В 1920 г. выходит второе, а в 1922 г. — третье издание его труда «Происхождение материков и океанов», которое приносит на сей раз его автору всемирную известность. В 1921 г. А. Вегенер публикует книгу «Происхождение лунных кратеров», а в 1924 г. — второе издание своей монографии «Термодинамика атмосферы».

В связи с упоминанием книги Вегенера о Луне следует особо подчеркнуть большое планетологическое значение развитой в ней концепции об ударно-метеоритном происхождении кратерных образований на поверхности естественного спутника Земли. Широкое развитие кратерных структур аналогичного генезиса установлено в настоящее время с помощью космических аппаратов на поверхности всех планет земной группы и большинства спутников планет-гигантов.

Таким образом, и в данном вопросе А. Вегенер предстает перед нами предвестником необходимости выделения особой метеоритно-кратерной стадии развития твердых оболочек не только землеподобных планет Солнечной системы, но также, вероятно, и всех других ее достаточно значительных по своим размерам твердых космических тел.

В этот же гамбургский период жизни с 17 марта по 21 июня 1922 г. А. Вегенер посещает Кубу и Мексику, где испытывает специальный метеорологический теодолит, а затем в 1923—1924 гг. выезжает в Австрию для чтения лекций в университете города Грац. С 1 апреля 1924 г. А. Вегенер получает постоянную должность профессора геофизики и метеорологии в этом университете, благодаря чему в Грац переезжает вся его семья, а вместе с ней и проф. В. Кёппен.

В 1928 г. А. Вегенер соглашается на предложение Общества содействия немецкой науке создать и возглавить крупную германскую экспедицию в Гренландию. Весь 1929 г. проходит в подготовительных работах. Так, например, в марте этого года А. Вегенеру приходится побывать в Финляндии на испытании аэросаней для экспедиции, а в апреле отправить в Гренландию первую экспедиционную партию. Основной ее отряд отплывает из Копенгагена под руководством А. Вегенера 1 апреля 1930 г. Незадолго до этого, в конце 1929 г., выходит в свет последнее прижизненное (четвертое) издание его книги «Происхождение континентов и океанов».

31 июля 1930 г. экспедиция создает внутриостровную станцию «Айсмитте» на вершине ледникового щита Гренландии в районе с координатами около 70°30′ с. ш. и 40° з. д., в 400 км от западного побережья острова.

22 сентября 1930 г. А. Вегенер выступает во главе спасательной партии в сторону станции «Айсмитте», до которой добирается на собаках вместе с Ф. Лёве и В. Расмусом 30 октября 1930 г.

1 ноября, в день своего пятидесятилетия, из-за недостатка продовольствия на «Айсмитте» А. Вегенер вместе с гренландцем В. Расмусом отправляется в обратный путь к побережью острова, но, вероятно, 15 ноября 1930 г., приблизительно в середине пути, погибает от холода. В. Расмус заботливо хоронит его в снегу, а затем несколькими днями позже сам бесследно пропадает в снежной пустыне ледникового плато. Осенью 1931 г. программа этой германской экспедиции в Гренландию была успешно завершена под руководством Курта Вегенера, и экспедиция возвратилась на родину.

Несмотря на всю лапидарность приведенного перечня основных событий жизни А. Вегенера, он предстает перед нами увлеченным, серьезным и разносторонним, чуждым трафарета ученым — геофизиком, метеорологом, планетологом, а также геологом-тектонистом и геологом-

палеоклиматологом и, конечно же, крупным полярным исследователем. Все, что нам известно о нем, убедительно показывает, что А. Вегенер был не только страстным и глубоко эрудированным мыслителем, но также спокойным полемистом, уважавшим своих идейных противников и избегавшим по их адресу недопустимых при ведении научного спора резких слов. А это дано не всем, и это с особой силой характеризовало личность Вегенера как истинно талантливого и благородного человека.

А. Вегенер оставил ценные идеи во всех областях знания, которыми занимался, причем в каждую из них он внес так много нового, как удавалось сделать далеко не многим специалистам, посвятившим каждой из них в отдельности всю свою жизнь. Несомненно, он сделал бы гораздо больше, если бы героически не погиб на вершине ледяного купола Гренландии во имя спасения жизни трех товарищей по полярной экспедиции, которой он руководил.

А. Вегенер, конечно, не был геологом в полном смысле этого слова, однако неизгладимый след он оставил именно в геологии, подарив ей, как тектонист, смелую и необычную гипотезу, которой (теперь уже несомненно) принадлежит вечная жизнь в науках о Земле. И это действительно так. Как видно из текста книги, ученый внимательно и честно использовал практически весь арсенал известных ему и его современникам главных фактов, добытых геологами, геофизиками и палеонтологами к 20-м годам нашего столетия.

В отличие от некоторых исследователей он никогда не «выдергивал» отдельные факты, пригодные только лишь для доказательства справедливости своей концепции, а критически осмысливал и использовал весь их комплекс. В этом и заключалась основная сила его гипотезы по сравнению со многими другими тектоническими построениями, предлагавшимися до и после него. Поэтому крайне несправедливо и по меньшей мере странно звучит в настоящее время упрек ему в противоположном.

Научная страстность и большая убедительность мобилистских построений А. Вегенера сразу же привлекли к нему много горячих сторонников среди ученых разных стран: Аргана, Моленграфа, Холмса, Ван дер Грахта, Штауба, Борисяка, Ли Сы-Гуана, Личкова и многих других. Особенно большой вклад в пропаганду, а главное в дальнейшее развитие идей дрейфа материков внес Дю Тойт.[10]

Дю Тойт показал, и этим обогатил учение Вегенера, возможность несколько иного совмещения в прошлом материков в области Индийского океана. Кроме того, он более уверенно утверждал, что существовал не один (Пангея), а два суперконтинента — Лавразия, объединявшая Северную Америку, Европу и Азию, и Гондвана, состоявшая из Южной Америки, Африки, Мадагаскара, Индостана, Австралии и Антарктиды. Эти два грубо овальных в плане суперконтинента обладали, по Дю Тойту, определенной автономностью в своих горизонтальных перемещениях (поступательном дрейфе и поворотах), хотя и соединялись друг с другом обширной, но тонкой гранитной перемычкой — сравнительно мелководной океанической впадиной Тетис. При этом образование всех главных склад-

---

[10] Дю Тойт А. Наши странствующие континенты. — В кн.: Проблемы перемещения материков. М., 1963, с. 7—63.

чатых зон Гондваны, Лавразии и Тетиса Дю Тойт склонен был объяснять либо активными поступательными движениями глыб континентальной коры по базальтовому субстрату (т. е. так, как это и предполагал Вегенер), либо же (и это было дальнейшим шагом вперед в развитии идеи Вегенера) переносом этих глыб течениями базальтового субстрата, или, наконец, комбинацией обоих указанных процессов.

В результате Дю Тойт предложил новый вариант мобилистского распада единого гранитного массива Пангеи. Слагающие ее в основном два огромных материка — Лавразия и Гондвана — были, по его мнению, окаймлены по периферии геосинклинальными депрессиями Фосса. Сливаясь друг с другом в области соприкосновения обоих суперконтинентов в теле Пангеи, такие депрессии Фосса и порождали в ее середине обширную внутреннюю геосинклиналь Тетис. Дю Тойт не отрицал важной роли полюсобежных сил в мобилистском распаде Пангеи, однако основное значение в этом механизме он придавал динамическому соотношению структур Фосса с конвекционными токами базальтового субстрата Пангеи. Перемещаясь от более нагретых частей субстрата, находящихся под центральными частями суперконтинентов, к менее нагретым по их периферии, такие конвекционные токи вязкого субстрата встречали на своем пути упор со стороны утолщенной гранитной коры на месте корней прогибавшихся краевых геосинклиналей Фосса. Возникавшие таким образом радиально направленные горизонтальные усилия в теле континентальной коры сначала взламывали, а затем и растаскивали в стороны обломки Лавразии и Гондваны.

На начальных стадиях процесса в центральных областях суперконтинентов могло сначала возникать вздутие, а затем и провалы земной коры в виде различного рода так называемых рифтовых систем. Именно этим явлением, по мнению Дю Тойта, и можно объяснить, например, «вздутие» и рифтовые озера современных центральной и восточной частей Африки. В процессе развивавшегося таким образом центробежного дрейфа каждый обломок Лавразии и Гондваны приобретал свои специфические структурные черты, закономерно расположенные в теле материка по направлению от его переднего до заднего края по ходу движения материка.

Достоинство представлений Дю Тойта заключалось в том, что он в отличие от Вегенера допускал существование нового более совершенного механизма распада и дрейфа материков, а также находил место в этом процессе геосинклинальным структурам земной коры, учение о которых уже усиленно развивалось в эти годы (в 20-е годы оно, по сути дела, лишь зарождалось и поэтому Вегенер прошел мимо него). Все новое в гипотезе Дю Тойта было, конечно, существенным шагом вперед, и, очевидно, именно этого исследователя нужно считать предвестником того возрождения и расцвета идей мобилизма, которое примерно с 40-х годов получило название неомобилизма. Как будет упомянуто ниже, эти новые для своего времени идеи Дю Тойта во многом подкрепляются в наши дни целой серией недавно полученных данных.

Однако и Вегенер, и Дю Тойт вместе с другими своими единомышленниками (назовем их ранними мобилистами) придерживались однослойной модели континентальной и океанической земной коры (гранитный

слой, или сиаль, — на материках и базальтовый слой, или сима, — на дне океанов), что, как мы теперь хорошо знаем, не соответствует истинному строению земной коры. Кроме того (и это было, вероятно, наиболее существенно!), развиваемые ранними мобилистами взгляды начиная с 30-х годов резко оспаривались геофизиками, которые не допускали никакой возможности значительных смещений гранитных континентальных глыб по их твердому (как это было установлено геофизиками) базальтовому субстрату, и поэтому они столь же твердо отстаивали позиции фиксизма, или неподвижности материков. В силу этих, а также ряда других причин (о них будет сказано ниже при общем анализе возражений против идей дрейфа материков, все еще выдвигаемых доныне фиксистами) гипотеза перемещения континентов в 30-х и 40-х годах нашего столетия практически геологами не применялась.

Но время шло и упорно работало на гипотезу Вегенера, на мобилизм. Наука пополнялась огромным количеством нового материала относительно строения недр нашей планеты и геофизических свойств горных пород, слагающих ее недра. И если раньше, в 30-х годах, геофизики были главными «губителями» гипотезы Вегенера, то теперь именно они воскресили ее почти из небытия.

Какие же события в науке произошли? Прежде всего было установлено, что различия между океанической и материковой корой еще более значительны, чем в свое время весьма прозорливо полагал А. Вегенер. Осредненный разрез материковой коры, прослеженный сверху вниз, на основании новых данных стал выглядеть так: осредненный слой осадочных пород — 3 км, гранитно-метаморфический слой — 18 км, базальтовый слой — 21 км; средняя мощность континентальной коры равна приблизительно 42 км. Рассмотренная в той же последовательности океаническая кора, расположенная под слоем воды, средняя толщина которого 4 км, состоит из слоя осадков — около 1 км, переходного слоя (состоящего, по-видимому, из переслаивания осадков и базальтов) и базальтового слоя — 5 км, что дает в итоге 11 км. Таким образом, различия между океанической и материковой земной корой сводятся не только к весьма существенным расхождениям в их петрологическом составе, но также и к почти четырехкратной разнице по толщине.

Необходимо также указать, что между размерами площадей блоков материковой и океанической коры, с одной стороны, и значениями их средней мощности — с другой, стала усматриваться очевидная и закономерная зависимость: чем больше площадь блоков континентальной коры, тем больше и их средняя мощность; для блоков океанической коры наблюдается обратная зависимость. Таким образом, например, средняя мощность земной коры Азии равна 46 км, Африки 42.5 км, Северной Америки 42 км, Южной Америки 40 км, Антарктиды 39 км, Европы 37 км, Австралии 37 км. Не исключено, что такое изменение мощностей управляется фазовыми переходами между веществом мантии и подошвы земной коры материков. Однако в первую очередь оно, конечно, отражает процессы глобального изостатического выравнивания литосферы.

Кроме того, при сопоставлении морфометрических параметров современных земных материков было установлено, что они устойчиво подразделяются на две группы: северные — Северная Америка, Европа и Азия и

южные — Южная Америка, Африка, Австралия и Антарктида.[11] Это обстоятельство вместе с только что отмеченным выше указывает безусловно на одинаковость основных и прежде всего изостатических свойств земной коры и мантии в пределах каждой из упомянутых групп материков. В этой связи естественнее всего полагать, что земная кора могла обрести такие свойства, только исторически развиваясь в рамках каких-то единых, более крупных массивов земной коры. Тем самым было получено еще одно, причем весьма существенное, основанное на реальных физических величинах, доказательство в пользу реальности существования в прошлом суперконтинентов Лавразии и Гондваны, а следовательно, и правильности идей Дю Тойта.

Исследуя характер прохождения сейсмических волн через верхнюю часть мантии, ученые установили, что в ней имеется слой (под материками в интервале глубин 100—200 км, а под океанами 50—400 км), где вещество мантии под влиянием царящей здесь высокой температуры значительно размягчено и обладает в сотни тысяч раз меньшей вязкостью, чем части мантии, расположенные над и под этим слоем, названным астеносферой (если вязкость мантии равна 10^{25}—10^{26} П, то вязкость астеносферы 10^{20} и даже местами 10^{19} П). Таким образом, под поверхностью материков существует 100-километровый, а под поверхностью океана почти 50-километровый слой твердого жесткого вещества, или собственно литосферы, в новом понимании этого слова, находящийся на толстом слое астеносферы, которая состоит из относительно более пластичного вещества. По мнению геофизиков, открытие астеносферы («ослабленной сферы») полностью устранило их возражения против возможности значительных горизонтальных перемещений континентальных плит.

Вместе с тем, изучая распределение очагов средне- и глубокофокусных землетрясений по окраинам Тихого океана, геофизики доказали, что сколовая поверхность, по которой здесь происходят смещения блоков земной коры и мантии, порождающие эти землетрясения, уходит в большинстве случаев под достаточно малыми углами (до 22—30°) под континенты, окружающие океаны. А это означает, что контактирующие по этим сколовым поверхностям литосферные плиты имеют реальную возможность относительно свободно наползать друг на друга (или поддвигаться) в процессе своих горизонтальных перемещений на большие расстояния по поверхности Земли.

Наконец, наиболее интересные результаты дали палеомагнитные исследования, основанные на определении ориентировки вектора остаточной намагниченности горных пород. Дело в том, что этот вектор указывает на пространственное положение геомагнитного полюса в момент образования горной породы. Напомним также, что по существующим в науке представлениям о происхождении магнитного поля Земли геомагнитные и географические полюсы всегда должны располагаться недалеко один от другого. Определение ориентировки векторов остаточной намагниченности для неметаморфизованных горных пород одного и того же возраста жестких (платформенных) участков земной коры на разных материках

---

[11] Воронов П. С. Очерки о закономерности морфометрии глобального рельефа Земли. Л., 1968. 122 с.

показало, что у них различное положение полюса, находящееся за пределами возможных ошибок палеомагнитного метода. Однако если совместить между собой эти материки соответственно построениям Вегенера, то определенные таким образом положения полюсов также совпадут. Тем самым геофизики получили еще одно и к тому же очень веское доказательство правильности идей ученого.

Большие усилия предпринимают геофизики и в изучении тепловой конвекции вещества мантии, поскольку это направление исследований не отвергается теперь учеными. Соответствующие изыскания велись или ведутся такими известными учеными, как Венинг-Мейнец, Ранкорн, Вильсон, Бернал, Чандрасекар, Дитц и многими другими. Теперь это уже не общие умозрительные построения, а высоко профессиональные работы, выполняемые специалистами-геофизиками. Конечно, такие исследования, основанные на ряде допущений, во многом еще гипотетичны (а так ли уже много мы вообще знаем о реальном строении мантии?), но это деловой поиск, в котором «дорогу осилит идущий», а не стоящий на месте и сомневающийся, надо ли по этой дороге идти.

Среди частных гипотез, синтезировавших некоторые результаты ведущихся в этом направлении поисков, заслуживает специального упоминания гипотеза мегаундаций, разработанная в начале 60-х годов одним из крупнейших геологов мира, голландским ученым ван Беммеленом, нашедшим научное мужество перейти под напором неоспоримых фактов из лагеря правоверных фиксистов в лагерь убежденных мобилистов. Этот геолог предположил, что под влиянием физико-химической дифференциации вещества нижней мантии в недрах Земли под Гондваной могли возникнуть вздутия, которые и послужили затем структурной основой для последующего гравитационного соскальзывания с них литосферы по астеносфере и, следовательно, явились основной причиной дрейфа континентов. Подробнее эту гипотезу мы рассмотрим ниже.

Интересные и очень важные картометрические исследования, получившие высокую оценку со стороны такого крупного математика, как академик А. Н. Колмогоров, были выполнены английскими учеными Буллардом, Эвереттом и Смиттом, повторившими, но на более высоком научном уровне предпринимавшиеся ранее аналогичные исследования Кэри. На основании вычислений по «методу наименьших квадратов» эти исследователи показали, что по 700-метровой изобате очертания континентальных склонов американского и европейско-африканского бортов впадины Атлантического океана очень хорошо совпадают по всей ее длине, от 85° с. ш. до 50° ю. ш. Имеющиеся незначительные несоответствия вполне удовлетворительно объясняются искажающим влиянием местных экзогенных геологических процессов. Тем самым снова подтвердилась важная мысль Вегенера, которая лежит в основе разработки всей его гипотезы, мысль о невозможности «случайных» совпадений такого рода.

В дополнение к этому необходимо указать, что геологические исследования Маака и других современных геологов, работавших в Бразилии и по побережью Гвинейского залива в Африке, содержали новые и весьма убедительные доказательства совпадения (даже в деталях) геологической структуры обеих областей при их мобилистском совмещении. В свою очередь этот вывод был недавно подкреплен хорошим совпадением про-

странственных изменений абсолютного возраста многочисленных образцов горных пород, собранных на древних, докембрийских массивах Бразилии, Нигерии, Дагомеи, Берега Слоновой Кости и других районов Южной Америки и Африки.

Предпринятый в начале 60-х годов анализ плана пространственной ориентировки и направления движения блоков земной коры по наиболее крупным сдвигам в теле Северо-Американского, а также Европейского и особенно Азиатского континентов вместе с характером расположения и внутренним строением Карибской и Индонезийской островных дуг и другими данными показал, что все эти особенности морфоструктур могут быть лучше всего объяснены только направленным к экватору смещением (сползанием) вещества их коровых масс (геофлюкцией) под воздействием полюсобежных сил. Таким образом, этот новый геодинамический материал снова подтвердил принципиальную правильность идей Вегенера, Штауба, Крейхгауэра, Тейлора и других ученых о тектонической значимости таких сил для горизонтальных смещений масс континентальной коры. Явление геофлюкции представляет собой как бы «мобилизм второго рода» (горизонтальное тектоническое течение внутри самих материковых плит) и геологическую иллюстрацию принципа «mobilis in mobile».

Интересные данные были получены советскими биологами при проведении глубоководных исследований. Ученые установили, что из 400 видов животных, обитающих в океанических глубинах (более 6 км), только 30 приходится на Индийский и Атлантический океаны. Это ли не весьма убедительное доказательство молодости этих океанов, а также первичности по отношению к ним впадин Тихого океана, откуда пока сумело переселиться во вновь возникшие океанические впадины весьма небольшое число обитателей океанических глубин?

Таковы те главные новые данные науки о Земле, которые были получены к середине 60-х годов после охлаждения интереса к концепции А. Вегенера. В дополнение к использованному им материалу было получено, как видим, немало исключительно важных фактов, дополняющих и развивающих эту замечательную гипотезу. Теперь, когда с легкой руки Дю Тойта основной движущей силой перемещающихся по поверхности Земли материков стала считаться тепловая конвекция вещества мантии, это направление в науке окончательно обрело наименование неомобилизма, а его сторонников стали называть неомобилистами. В их ряды вступило подавляющее большинство крупных геофизиков и много геологов, прежде всего те, кто работали на южных (гондванских) материках, где геологические доказательства в пользу дрейфа континентов особенно выпуклы. Среди этих исследователей следует упомянуть Ранкорна, Ирвинга, Булларда, Дитца, Вилсона, ван Беммелена, Фердбриджа, Ахмада и многих других. Следует подчеркнуть, что Эйди, Хамильтон, Харингтон и другие наиболее серьезные исследователи геологического строения Антарктиды также являются мобилистами, поскольку только на основе мобилистских реконструкций прежнего положения Антарктиды в теле Гондваны можно найти объяснение удивительным соответствиям между стратиграфическими и морфоструктурными особенностями южно-полярного материка и других южных континентов Земли.

Занимаясь с 1955 г. изучением геологии Антарктиды и связанных с нею проблем Гондваны, автор этих строк попробовал создать свою мобилистскую реконструкцию этого палеосуперконтинента, основываясь на положении, что очертания его обломков с момента распада не претерпели существенного изменения в плане (принцип монолитности глыб континентальной коры в пределах древних платформ). Признание и последовательное соблюдение этого наиболее вероятного допущения в свою очередь дало автору возможность реконструировать их прежнее положение в теле Гондваны по принципу «максимальной упаковки». В результате была получена палеогеографическая реконструкция, несколько отличающаяся от прежних реконструкций, предложенных Вегенером и Дю Тойтом, но зато наилучшим образом удовлетворяющая результаты палеомагнитных исследований.[12] Такого рода совпадение двух независимых друг от друга методов исследований (нанесение палеомагнитных данных было сделано на уже полученную авторскую реконструкцию Гондваны) не только подтвердило правильность вновь созданной реконструкции Гондваны, но и укрепило степень доверия к вытекавшим из ее рассмотрения морфометрическим закономерностям строения этого суперконтинента.

Любопытно, что упомянутые закономерности полностью подтвердили правильность представлений Дю Тойта об изометричности общих очертаний Гондваны, о наличии в ее центре сводового вздутия земной коры и существовании по периферии этого суперконтинента геосинклинали Фосса. Кроме того, удалось подметить, что в расстояниях между прежним положением центров тяжести фигур современных южных материков (Африки, Южной Америки, Антарктиды и Австралии), входивших, как известно, некогда в состав Гондваны, и их современным положением, а также массами их коры усматривается достаточно отчетливая линейная зависимость. Это также, вероятно, не случайное совпадение, а закономерность, отражающая мобилистский механизм распада Гондваны.

Следует также подчеркнуть, что в нашей стране в те же годы много сделали для воскрешения интереса геологов к идеям мобилизма прежде всего чл.-кор. АН СССР П. Н. Кропоткин, который написал около десятка работ на эту тему, использовав при этом зарубежные и отечественные данные, В. Н. Пучков, впервые выступивший в отечественной литературе с ответом критикам идей дрейфа континентов, А. Н. Храмов, много сделавший для подкрепления идей мобилизма своими палеомагнитными исследованиями, М. Г. Равич и другие ученые.

Быть может, не все доводы учения о дрейфе континентов одинаково убедительны и не для всех по тем или иным причинам очевидны, но даже наиболее сомневающиеся в них объективно мыслящие ученые вынуждены были уже тогда признать, что эти доводы «в совокупности... производят большое впечатление, так как взаимно подкрепляют друг друга!».[13]

---

[12] Воронов П. С. Биполярность закономерностей гипсометрии блоков континентальной коры и распад Гондваны. — Изв. ВГО, 1966, № 2, с. 112—129; Воронов П. С., Храмов А. Н. Мобилистская реконструкция палеогеографии Гондваны. — Изв. ВГО, 1968, № 1, с. 59—63.

[13] Люстих Е. Н. Неомобилизм и конвекция мантии Земли. — Бюл. МОИП. Отд. геол., 1965, т. 40, с. 16.

Рассмотрим теперь в качестве примера, хотя бы в самых общих чертах, состояние идей неомобилизма применительно к истории распада Гондваны, материал по которой автору наиболее близок еще и потому, что ему много приходилось заниматься изучением геологического строения Антарктиды как геологу первой и четвертой советских экспедиций на этот материк.

Основываясь на упомянутых выше морфоструктурных особенностях южных материков и их положении в мобилистской реконструкции тела Гондваны, можно в общих чертах предположить такую последовательность развития в ней геолого-геофизических процессов на протяжении фанерозоя.

После общей консолидации континентальной коры Гондваны в единую жесткую плиту под этим суперконтинентом начался местный разогрев верхних частей мантии под влиянием накапливавшихся здесь избытков глубинного тепла вследствие трудностей его бокового оттока в сторону окружавших Гондвану океанов с их более тонкой и, следовательно, более теплопроводной корой. В результате под влиянием указанного процесса базальтовый слой земной коры центральных областей Гондваны стал наращиваться снизу за счет фазовых переходов вещества мантии, а на поверхности суперконтинента начало формироваться обширное сводовое поднятие, вершина которого соответствовала приблизительно району современного оз. Виктория в Центральной Африке. Наиболее поднятые части этого свода, после того как они достигли криосферы, испытали вскоре оледенение, послужившее исходным пунктом для развития огромного ледникового щита покровного оледенения Гондваны, тем более что над этим районом в конце палеозоя пролегала трасса дрейфа южного географического полюса. Кроме того, развивавшееся сводовое вздутие земной коры привело к образованию в ней систем глубинных разломов, самые глубокие из них, достигнув астеносферы, наметили откол наиболее крупных плит будущих южных материков. Одновременно с этим под Гондваной образовался устойчивый восходящий поток вещества мантии, струи которого в соответствии с основными направлениями теплового потока стали снοповидно расходиться от центральных к периферическим частям суперконтинента. Под влиянием растущего центрального свода в земной коре Гондваны сформировалась и стала устойчиво развиваться компенсационная периферическая геосинклиналь Фосса. Ее интенсивное прогибание способствовало повсеместному образованию направленного вниз, в астеносферу, кольцевого утолщения краев надастеносферной части мантии по периферии Гондваны. Эти утолщения создали препятствие на пути горизонтально перемещавшихся радиально направленных от центра Гондваны струй вязкого вещества мантии и породили, таким образом, в теле суперконтинента центробежные горизонтальные напряжения в периферических блоках ее коры. Под влиянием таких напряжений по краям Гондваны образовалась система полого наклоненных под суперконтинент сколов земной коры, типа тех, что существуют в настоящее время по окраинам Тихого океана. Накопившиеся и усилившиеся напряжения стали выламывать из тела Гондваны ранее наметившиеся к отколу плиты современных южных материков и растаскивать их по радиальным направлениям от центра суперконтинента по поверхности астеносферы.

При таком центробежно направленном (от центра Гондваны) дрейфе плиты тонкой океанической коры поддвигались по поверхностям краевых сколов под продвигавшиеся вперед континенты и попадали в астеносферу, где под влиянием более высокой температуры переходили в пластичное состояние и перераспределялись в пространстве. Возможно, что при этом астеносфера не успевала сразу освоить все подмятые таким образом глыбы океанической коры и часть их наращивала снизу упоминавшееся краевое вздутие фронтальных частей перемещавшихся континентов. Тем самым в этом вздутии под реликтами разорванной дрейфом геосинклинали Фосса дополнительно возникали направленные вверх изостатические усилия, помогавшие короблению ее осадков и местным горообразовательным движениям, которые развивались до этого только под влиянием сил напора продвигавшихся вперед континентальных плит.

Нетрудно заметить, что изложенный мобилистский механизм распада Гондваны хорошо удовлетворяет всем тем основным морфоструктурным особенностям макрорельефа южных материков, которые наблюдаются на них и в настоящее время. Мы сочли возможным привести эту гипотезу еще и потому, что она восполняла недостатки начальной стадии развития нового течения неомобилизма — плейттектоники, поскольку в нем вначале практически не анализировались причины и начальная стадия распада Гондваны, т. е. как раз то, о чем мы только что говорили. Лишь впоследствии эта тема стала рассматриваться А. С. Мониным, О. Г. Сорохтиным и др.

Естественно, предложенная автором гипотеза не может претендовать на однозначность решения проблемы. По этому поводу могут быть (и существуют!) другие решения. Вот одно из них.

В отличие от сторонников существования в мантии конвекционных токов ее вещества ван Беммелен[14] предполагает иной механизм и соответственно иную последовательность событий в процессе мобилистского распада древних суперконтинентов. Прежде всего ученый считает, что возникновение вздутий, или мегаундаций, не зависит от структурных особенностей земной коры, а всецело контролируется лишь геодинамическими процессами турбулентных и ламинарных течений вещества мантии. Мегаундации, развиваясь во времени, проходят через стадии зарождения, максимального развития и отмирания не одновременно, благодаря чему такие стадии могут сосуществовать и быть по-разному структурно выдержанными на поверхности нашей планеты независимо от распределения на ней современных материков и океанов. Поэтому при одинаковом глубинном происхождении мегаундации могут быть чисто океаническими (поднятие Дарвин в Тихом океане), континентальными (Тибетско-Монгольское поднятие) и переходными (Восточно-Тихоокеанское поднятие в районе Калифорнии).

В начальной стадии развития мегаундации над ее растущим вздутием происходит постепенное растяжение и гравитационное соскальзывание в стороны отдельных чешуй верхней мантии и коры. Кроме того, эти

---

[14] Bemmelen B. W., van. The evolution of the Indian ocean megaundation (causing the Indo-Fugal spreading of Gondwana fragments). — Tectonophysics, 1965, vol. 2, N 1, p. 29—57.

чешуи с глубин 500 км и более активно увлекаются глубинными течениями вязкого вещества мантии, породившими данную мегаундацию. Таким образом, ван Беммелен в отличие от других мобилистов считает возможным значительные горизонтальные смещения не только блоков (плит) континентальной, но и океанической коры.

В соответствии с этими общими положениями ван Беммелен по-своему трактует последовательность распада Гондваны. Начальный центр вызвавшей этот распад мегаундации находился на рубеже палеозойской и мезозойской эр несколько восточнее современных Маскаренских островов, в месте сочленения трех ветвей современного Индоокеанского подводного хребта. Под влиянием роста этой мегаундации Гондвана раскололась сперва на Афро-Южно-Американскую, Индо-Австралийскую и Антарктическую плиты, которые дрейфовали по отношению к современному положению оси вращения Земли, первая — на запад, вторая — на восток, третья — на юг. Так произошло первичное раскрытие впадины Индийского океана. Под воздействием начавшегося дрейфа на фронтальных сторонах всех перемещавшихся континентальных плит начали развиваться геосинклинальные опускания земной коры (геоундации), на месте которых позднее возникли системы Андских и других складчатых гор.

В конце юрского периода центр мегаундации сместился в юго-восточную часть современного Индийского океана, что способствовало распаду единой крупной Индо-Австралийской плиты на две более мелкие, из которых Австралия стала дрейфовать на северо-восток, а Индостан — на север. Антарктида продолжала свое движение на юг. Тогда же, с началом мелового периода, дрейфовавшая на запад Афро-Южно-Американская плита попала в район, под которым в мантии начала развиваться новая мегаундация, расколовшая эту плиту на плиты Африки и Южной Америки и зародившая одновременно впадину южной части Атлантического океана.

Дальнейшее развитие этой новой мегаундации (атлантической) в северном направлении, в сторону другого суперконтинента Лавразии, способствовало последовательному раскрытию всей впадины Атлантического океана.

Таковы в самых общих чертах механизм и история мобилистского распада Гондваны, предложенные ван Беммеленом. Думается, что этой гипотезой и можно закончить рассмотрение среднего этапа развития неомобилистских представлений в геологии к середине 60-х годов. Как мы видели, этот этап был далеко не случаен.

Под напором большого числа новых сведений относительно глубинного строения дна океанов надвигался третий — современный — этап неомобилизма, представленный так называемой глобальной тектоникой, или плейттектоникой. Скажем о нем чуть позже, а пока остановимся на разборе той жесткой критики мобилистских идей, которая господствовала в отечественной геологической литературе в 40—60-е годы. Это необходимо сделать по двум причинам. Во-первых, потому, что от фиксистов можно иногда слышать упреки, что мобилисты почему-то предпочитают не упоминать о возражениях, выдвигаемых против их концепции. И, во-вторых, потому, что совершенно необходимо в противовес огромному числу антимобилистских высказываний, звучавших со страниц научной,

учебной и научно-популярной литературы указанных лет, показать, чего стоили на самом деле эти возражения. Итак, попытаемся рассмотреть их, хотя бы на том уровне, на котором они излагались тогда и, увы, иногда излагаются еще и теперь.

Прежде всего фиксисты указывали на то, что поскольку, по их мнению, развитие тектонических структур и явлений магматизма определяется процессами, развивающимися в мантии непосредственно под этими структурами, то наличие структур земной коры, устойчиво прогибающихся на протяжении десятков и сотен миллионов лет, доказывает невозможность горизонтального смещения коры по поверхности мантии.

Однако неомобилисты полагают, что горизонтальные смещения литосферных плит происходят не по разделу Мохоровичича, а по расположенной гораздо ниже астеносфере или же связаны с еще более крупными смещениями в пределах конвекционных ячей, глубина которых оценивается в 1500 км; в таком смещении участвует и астеносфера. В модели, предполагающей скольжение литосферы по астеносфере, вместе с континентальной корой перемещается и надастеносферный слой мантии толщиной около 60 км (литосферы), очевидно, таящий в себе немалые энергетические возможности для развития различного рода колебательных движений земной коры. В существующем 100-километровом слое литосферы вполне могут поэтому развиваться геосинклинальные прогибы, составляющие по глубине своего прогибания даже в экстремальном случае лишь пятую часть толщины этого слоя.

Открытие астеносферы с резко различными физическими свойствами по сравнению со свойствами над- и подастеносферных слоев мантии делает по меньшей мере дискуссионными всякого рода утверждения фиксистов о том, что мантия до глубины 700 км и даже 1000 км представляет собой единое структурное целое, будто бы препятствующее развитию явлений мобилизма в коре и слоях мантии. Привлекаемое для такого рода утверждений распространение глубокофокусных землетрясений по краевым сколам (зонам Беньофа) вокруг Тихого океана на глубины 700 км и несколько более следует, очевидно, объяснять характером разрядки накапливающихся здесь тангенциальных напряжений, и только. И не случайно поэтому геофизики после открытия астеносферы сняли свои возражения против мобилизма.

Разнородность строения мантии под материками и океанами, распространяющуюся до глубин в 400 км (подошвы океанической астеносферы), можно объяснить различием характера развивающихся под ними теплофизических процессов, определяемого в свою очередь различиями свойств океанической и континентальной коры. Вполне возможно, что так же как не вечно положение континентов на поверхности Земли, так же не вечны и наблюдающиеся в настоящее время под ними различия в мощностях астеносферы. Ведь астеносферу можно рассматривать в качестве своеобразного аккумулятора глубинного тепла, идущего из недр планеты. В таком случае под более толстой континентальной корой, создающей большие препятствия для оттока тепла в мировое пространство, могут более энергично развиваться эндотермические фазовые переходы вещества мантии в базальт нижнего слоя коры, нежели под более тонкой океанической корой. Но как раз именно такое соотношение мощностей

базальтовых слоев коры и астеносферы мы и предполагаем под континентами и океанами. И совершенно очевидно, что мощность астеносферы на участке земной поверхности может меняться в зависимости от горизонтального перемещения материковых плит.

Впрочем, следует отметить, что учение об астеносфере нуждается в некотором уточнении, поскольку разные исследователи по-разному оценивают ее мощность — от тех различных значений под материками и океанами, которые приводились выше (их, например, придерживается В. В. Белоусов), до средних значений в 200 км для всей Земли (В. Н. Жарков) и даже вплоть до отрицания ее существования под областями кристаллических щитов континентов (И. П. Косминская). Естественно, что последнее экстремальное суждение фиксисты охотно привлекают в качестве новейшего довода против мобилизма, так как те места, где астеносфера будто бы отсутствует, они рассматривают как «мертвые якоря» для континентальных плит. Но, как будет показано ниже, поскольку сомнения в возможности горизонтального перемещения материков ошибочны в самой своей основе, так как «континентальный дрейф ныне геономически хорошо установленный факт» (Р. Р. ван Беммелен), то, естественно, и предположение о прерывистости астеносферного слоя мантии также становится некорректным, раз материки все-таки двигались; поэтому непрерывный слой астеносферы (слой «смазки») должен был повсеместно существовать по крайней мере на каких-то отрезках мезозойской и кайнозойской эр. И уж во всяком случае никто не доказал, что упомянутые «мертвые якоря» существовали всегда. Ведь астеносфера, по-видимому, сама по себе достаточно эфемерное образование, представляющее собой функцию двух переменных: глубинного давления и глубинного тепла Земли.

Фиксисты указывают, что в ряде случаев обнаруживается непосредственная структурная связь между материками и океанами. Но такого рода связь либо весьма полемична, если учесть резкое различие строения континентальной и океанической коры, либо относится к так называемой переходной коре в области окраинных морей. Однако для последнего типа коры, особенно в областях складчатых зон, случаи перехода структур с континента на дно океана можно объяснить и с позиции мобилизма явлениями бокового растаскивания вещества более толстой континентальной коры.

То обстоятельство, что многие складчатые структуры Северной Америки и Северо-Восточной Азии демонстрируют единство в области подвижного Тихоокеанского пояса, опять же не противоречит идеям мобилизма. Ведь этот пояс приобрел современный структурный план совсем недавно, когда мобилистский распад Лавразии был уже в основном завершен и структуры подвижного Тихоокеанского пояса вполне могли развиваться как единое целое вдоль того кольца континентальной коры, которое окаймляло к началу четвертичного периода этот древнейший океан Земли. А то, что он — наиболее древнее морфоструктурное океаническое образование планеты, подтверждается относительно большей молодостью Индийского и особенно Атлантического океанов и вполне достаточным количеством различного рода доказательств. Отрицание этого и утверждение обратного может выглядеть только как крайне дискуссионный прием,

который невозможно рассматривать как серьезный довод против мобилизма.

Возражение фиксистов относительно того, что перед движущимися в горизонтальном направлении блоками континентальной коры океаническая кора будто бы должна сжиматься в складки и выжиматься вверх, основано, по-видимому, на чистом недоразумении. Как мы видели выше, при тех углах наклонов, которыми в большинстве случаев обладают поверхности краевых сколов, океаническая кора может только поддвигаться под перемещающиеся в горизонтальном направлении плиты континентальной коры. При этом, естественно, с тыльной стороны этих блоков должна формироваться новая океаническая кора за счет излияния базальтов на дно развивающейся («расщепляющейся») новой океанической впадины. При всех этих условиях донные осадки океанов благодаря своей большой пластичности также вполне могли сохранять спокойное, ненарушенное залегание. Совершенно очевидно, что по указанным причинам отсутствие явлений сжатия в океанических глубоководных желобах также нельзя привлекать в качестве какого-то доказательства против континентального дрейфа.

Впрочем, явление коробления более толстой и жесткой континентальной коры под напором горизонтально перемещающихся литосферных плит действительно наблюдается в местах стыков таких достаточно толстых глыб, как, например, в районах Южных и Высоких Гималаев. Такое коробление в данном случае вполне оправдано, так как оно возникло под влиянием бокового напора со стороны континентальной плиты Индостана, перемещающейся с юга в сторону Азиатского материка. Возникший по обе стороны от линии гималайского контакта Индостанской и Азиатской плит континентальной коры рубец сжатия не только не противоречит, как это иногда полагают некоторые фиксисты, гипотезе мобилизма, а, наоборот, только подтверждает ее. Ведь большинство гималайских геологов всегда исходили и исходят в своих тектонических построениях для этой территории из приоритета именно горизонтальных, а не вертикальных движений земной коры.

В качестве одного из новых возражений против перемещения материков фиксисты используют равенство средних величин теплового потока под континентами и океанами. Такое равенство они объясняют тем, что содержание источника глубинного тепла — радиоактивных элементов — в мантии под океанами выше, чем в мантии под континентами, где радиоактивные элементы переместились в пределы континентальной коры при выделении ее вещества из участков мантии, подстилающих континенты. Но если это так, то при горизонтальном смещении континентов в новое положение тепловой поток под ними должен быть выше, чем тепловой поток под вновь возникшими в результате такого перемещения океанами. А так как в природе этого не наблюдается, то, заключают фиксисты, не было, естественно, и никакого горизонтального смещения материков.

При всей своей кажущейся простоте и убедительности это возражение в лучшем случае дискуссионно. Прежде всего мы еще очень мало знаем о природе теплового потока из недр Земли, а также о его истинной средней величине на континентах и океанах. Но даже если уверовать в полную непогрешимость указанных представлений, то, как правильно заме-

чает ван Беммелен, предположениям фиксистов о большой обогащенности радиоактивными элементами мантии океанов противоречит низкая радиоактивность океанических базальтов. Кроме того, в настоящее время в научной литературе о тепловом потоке появились исследования,[15] показывающие, что континентальный дрейф не только не противоречит приблизительному равенству тепловых потоков на континентах и океанах, но, наоборот, сам может служить объяснением этого явления. Наконец, очень странной выглядит и сама идея о локальной по отношению к поверхности Земли избирательной химической дифференциации мантии с выделением только в таких местах континентальной коры. Куда логичнее было бы ожидать наличия на Земле областей (например, в океанах), где этот процесс мог бы развиваться и до сих пор. Между тем такого рода процессы и такие районы на нашей планете в настоящее время неизвестны. И это обстоятельство тоже отнюдь не служит увеличению степени доказательности такого направления критики мобилизма.

Значительно менее убедителен целый ряд возражений фиксистов, который либо еще более дискуссионен в своей основе, либо базируется на неверном истолковании имеющихся фактов.

Так, фиксисты утверждают, что связь между континентами, обеспечивающая обмен наземной фауной и флорой между удаленными друг от друга материками, могла происходить вдоль узких полосок суши и цепочек островов. Эти соображения, как мы видели, высказывались еще и во времена Вегенера. Однако в палеогеографии этот вопрос никем серьезно не разрабатывался, не говоря уже о том, что само по себе регулярное возникновение таких природных «мостов» достаточно сомнительно с геологической и географической точек зрения. Кроме того, характерен и такой пример (на него также указывал Вегенер). Хотя между Австралией и Азией расположен обширнейший архипелаг многочисленных островов, но, как известно, сколько-нибудь существенного смещения фауны и флоры между этими материками на протяжении многих миллионов лет почти не происходило.

Фиксисты иногда пишут, что объяснение верхнепалеозойского покровного оледенения южных материков гипотезой дрейфа континентов, как это сделал А. Вегенер, будто бы противоречит многим существенным особенностям его распространения. Однако это не так. Как раз только мобилистские реконструкции и могут лучше всего объяснить все закономерности распространения этого грандиозного оледенения, что в последнее время хорошо иллюстрируется исследованиями Хамильтона, автора данной статьи и других ученых.

Фиксисты утверждают, что расположение климатических зон в прошлом можно объяснить и без предположения о горизонтальном смещении континентов. С известными натяжками можно. Но лучше всего, изящнее эта проблема, как известно, решается именно с позиций гипотезы дрейфа материков. И последние изыскания также хорошо подтвердили соответствующие построения Вегенера и Кёппена.

---

[15] Schuling R. D. Continental drift and oceanic heat-flow. — Nature, 1966, vol. 210, N 5040, p. 1027—1028.

Замечания отдельных фиксистов о том, что при мобилистском сопоставлении будто бы не наблюдается непосредственного продолжения геологических структур с континента на континент (например, между Южной Америкой и Африкой), попросту не соответствуют действительности. И если в этом можно было как-то еще сомневаться во времена Вегенера, когда недостаточно хорошо было изучено геологическое строение упомянутых материков, то в наши дни как раз именно это является одним из самых сильных доказательств в пользу дрейфа континентов.

Попытки фиксистов подвергнуть критике данные палеомагнетизма, свидетельствующие в пользу гипотезы дрейфа континентов, как «весьма поспешные и не серьезные» сами по себе не серьезны, так как весьма тенденциозно излагают суть проблемы. Так, чтобы опорочить данные по установлению палеомагнитным методом прежних местоположений полюсов, они используют результаты определений, произведенных с нарушением граничных условий метода (для метаморфизованных пород или для пород складчатых районов), игнорируют хорошую сопоставимость жестких платформенных частей земной коры, используют ссылки на величины разброса полученных данных вместо того, чтобы оперировать погрешностями средних результатов, и т. п. Такие способы ведения научной полемики по меньшей мере некорректны. Между тем уже одно то, что постоянное совершенствование методики палеомагнитных исследований и массовое накопление фактического материала не отвергают, а все более подтверждают правильность прежних выводов палеомагнитологов в пользу мобилизма, — убедительное тому доказательство.

Утверждение некоторых фиксистов о том, что в природе неизвестны силы, которые могли бы сдвинуть материки, основано на незнании или игнорировании соответствующей (и весьма обширной к тому же) литературы о возможности конвекции вещества мантии или же просто на нежелании с ней считаться. Как было рассмотрено выше, вероятно, в масштабах геологического времени достаточно реальны и вегенеровские полюсобежные силы. Раз в настоящее время наблюдаются (например, по обеим сторонам Атлантического океана) вполне реальные следы раздвижения материков, значит и силы, их сдвигающие, в природе существуют. Необходимо лишь эти силы более определенно установить и найти механизм их воздействия на континенты.

На той же основе, по-видимому, покоятся и замечания о том, что явление складчатости в земной коре не может быть объяснено ее горизонтальным сжатием. Почему же не может? Как известно, подавляющая часть современных геологов совсем не сомневается в таком происхождении складок, поскольку только такая точка зрения и соответствует огромному фактическому материалу о природе складчатости.

Таково современное положение дел с критикой идей мобилизма. Все приведенные выше высказывания фиксистов, хотя и достаточно полемичны сами по себе, но их еще можно понять и в большинстве случаев даже оценить, поскольку в конечном счете некоторые из них как раз способствовали уточнению формулировок и улучшению существа теории Вегенера.

Иногда, особенно в период после 1945 г., в геологической литературе при изложении идей А. Вегенера, к сожалению, можно было встретить

в их адрес немало весьма эмоциональных и безусловно далеких от науки выражений. Относясь с уважением к данному изданию, мы не станем все эти выражения цитировать здесь, тем более персонифицировать. Кроме того, надо полагать, история развития идей А. Вегенера уже преподнесла геологии достаточный урок в отношении судьбы действительно ярких и глубоко аргументированных идей, еще раз подчеркнув при этом недопустимость резких выражений в ходе ведения научной дискуссии. Порою, очевидно, для того чтобы как-то сгладить резкость своих суждений о мобилизме, фиксисты пытались усилить предпринимаемые ими полемические атаки на мобилизм словами: «объективное рассмотрение», «серьезный научный экзамен» и т. п. Однако даже подобная терминология не добавляла убедительности излагаемым доводам и, естественно, не способствовала по-настоящему объективному рассмотрению обсуждаемой темы. И уже тем более фиксистская критика мобилизма не достигала своей цели, когда, например, использовались доводы вот такого рода.

Как читатель мог убедиться, Вегенер, говоря в начале своей книги об одинаковости очертаний береговых линий Бразилии и Африки, имел в виду только «историю вопроса» создания своей гипотезы. На самом же деле в дальнейшем он все время оперирует понятием «шельф», вполне справедливо полагая, что именно океанический край континентальной ступени определяет собой истинные границы сопоставляемых им материковых плит. Ведь собственно океанические края шельфа и есть истинные границы континентальной и океанической коры. В связи с этим Вегенер и положил в основу своей мобилистской реконструкции Пангеи сходство очертаний краев континентальной ступени материков, а не очертания их побережий.

Между тем некоторые критики гипотезы мобилизма по-прежнему упорно утверждают, что Вегенер сравнивал между собой не очертания краев континентальной ступени, а очертания берегов Атлантического океана (!?). Но ведь очертания берегов и океанического края шельфа в плане, как правило, совершенно не совпадают друг с другом. Зачем же так упорно приписывать Вегенеру то, чего он никогда не думал, а главное, не писал в своей книге (см., например, с. 171 и др.)? Неужели для того, чтобы легче было потом критиковать саму идею? Такого рода неточность может только дезинформировать неискушенного читателя. Не потому ли иногда в целях критики этого основополагающего пункта концепции Вегенера о сходстве очертаний материковых плит почему-то сопоставляют не очертания континентальных склонов, а очертания именно береговых линий различных материков, изображенных к тому же весьма схематично и в неизвестном масштабе?

Надо ли говорить о том, сколь «доказательны» такого рода доводы. Тем не менее они приводятся чуть ли не в качестве одного из самых убедительных аргументов против идеи мобилизма, к сожалению, при полном неуважении к читательской памяти и игнорировании упоминавшихся выше серьезных картографических исследований Булларда и других ученых, проведенных как раз с помощью тех самых квалифицированных расчетов, на необходимость которых так любят менторски указывать фиксисты.

Для объяснения все того же сакраментального параллелизма в очертаниях материковых плит иногда ссылаются на то, что границы материков определяются глубинными разломами, образующими правильную сетку на поверхности Земли. Но при этом забывают, что в той же самой работе, откуда взято это утверждение, несколько ранее говорится о том, что было бы ошибочно пытаться распространять одну сетку простираний глубинных разломов на весь земной шар... Как же тогда быть с правильной сеткой глобального масштаба в предыдущем утверждении?! Что и говорить, удивительная «логичность» и «последовательность», лишь бы только появился еще один «аргумент» для критики мобилизма.

А чего стоит, например, бытующий до последнего времени упрек А. Вегенеру в том, что он практически недостаточно учел в своем труде учение о геосинклиналях (которое, как известно, в той форме, в какой мы его знаем, было развито значительно позднее)? Если следовать такой логике, то одну концепцию (которая критику не нравится) необходимо обосновывать другой концепцией (которая ему по душе), иначе критик не будет считать оппонируемые им построения убедительными и порекомендует сдать их в архив науки. Ему и дела нет до того, что раньше всегда было принято концепции обосновывать только фактами.

Можно привести и другие примеры аналогичной аргументации против мобилизма, но думается, что и всего вышеприведенного вполне достаточно. Автор умышленно избегал персонификации приведенных примеров критики мобилизма, чтобы избежать в дальнейшем обострения полемики. И когда со стороны фиксистов слышатся упреки в том, что их возражениям (см. выше) уделяют мало внимания, то в известной степени это справедливо. Мобилистам, увлеченным разработкой своей концепции, некогда заниматься полемикой, ведущейся сколь эмоционально, столь и необъективно.

Однако из стана мобилистов почти не слышно раздраженных реплик по поводу иных идей. Начало этой похвальной традиции было положено, как мы видим, еще самим Вегенером.

В настоящее время, вопреки воле все еще упорствующих фиксистов, идеи мобилизма победно шествуют по Земле. В ряды мобилистов переходят крупнейшие ученые, в том числе и те, которым были когда-то глубоко чужды эти идеи (например, тот же ван Беммелен). С середины 60-х годов, т. е. с момента поступления новой многочисленной информации о геологическом строении дна океанов, начался третий этап развития неомобилизма в виде учения о плейттектонике, или так называемой новой глобальной тектонике.

Еще в 1956 г. геологический мир потрясла сенсация: на основании изучения результатов изысканий океанографического корабля «Вема» М. Эвинг, Б. Хизен и М. Тарп заявили, что дно Мирового океана рассечено гигантской, поистине глобальных масштабов, трещиной, имеющей общую протяженность не менее 60 000 км и проникающей на многие километры в недра планеты. Эта трещина, выходы которой на поверхность океанического дна соответствуют осевым линиям таких подводных хребтов, как Атлантический, Индоокеанский, Восточно-Тихоокеанский и другие, имеет в поперечном разрезе вид глубокой и узкой расщелины —

рифта, окаймленного многочисленными островершинными грядами, которые вытянуты параллельно осевой линии упомянутых (особенно Атлантического) океанических хребтов и генеральному простиранию континентального склона материковых глыб. Более того, оказалось, что осевая линия, а следовательно, и связанная с ней расщелина подводного Индоокеанского и особенно Атлантического хребта практически совпадает с осевой (медианной) линией всей впадины этого океана. Указанное обстоятельство дало основание называть такие хребты срединно-океаническими, что, как будет показано ниже, имеет теперь вполне определенный генетический смысл.

Американские исследователи подчеркнули, что такого рода глобальная трещина сопряжена с многочисленными проявлениями подводного вулканизма и, пожалуй, с еще более многочисленными проявлениями эпицентров землетрясений, т. е. она является тектонически весьма активной структурой земной коры. Наблюдения показали, что над вершинами срединно-океанических хребтов заметен аномально высокий приток глубинного тепла, который служит дополнительным подтверждением реальности существования очень глубокой трещины вдоль осевой поверхности хребта, играющей роль своеобразного тепловода из разогретых недр планеты.

Все эти данные, собранные воедино, привлекли пристальное внимание ученых к изучению строения срединно-океанических хребтов как одной из важнейших глобальных тектонических структур. И результаты такого научного наступления на структуру недр океанического дна не замедлили сказаться.

В начале 60-х годов снова три американских исследователя — Г. Менард, Д. Дитц и Г. Хесс, но на сей раз независимо друг от друга, выступили со сходными гипотезами для объяснения всех перечисленных особенностей срединно-океанических хребтов. По мнению этих ученых, наличие высоких значений потока глубинного тепла над гребнями срединно-океанических хребтов является не только прямым доказательством в пользу существования тепловой конвекции (перемешивания) вещества мантии, но также того, что в этих местах под хребтами в мантии соседствуют две термические конвекционные ячейки[16] с восходящими, но направленными в разные стороны от оси хребта движениями струй разогретого вещества. Такого рода движения и приводят в конечном счете к образованию осевой расщелины на хребтах, поскольку расходящиеся под ними в разные стороны струи вязкого вещества мантии стремятся разорвать и растащить в разные стороны вышележащие участки океанической коры. Естественно, что в таких местах разогретое вещество мантии получает свободный доступ к поверхности разверзающейся таким образом океанической коры (чем в данном случае и объясняется интенсивный вулканизм) и наращивает ее собой, образуя срединно-океанический хребет. В свою очередь взаимные перемещения глыб земной коры в пределах этих хребтов в условиях ее общего растяжения

---

[16] Термической конвекционной ячейкой называют часть нагреваемого вещества, в котором наблюдается закономерное (вертикально-кольцевое) перемещение его частиц.

порождают те многочисленные землетрясения, которые с ними обычно сопряжены.

Явления разрастания земной коры от оси срединно-океанических хребтов к их периферии хорошо подтверждались также данными магнитных съемок дна океанов. Так, к началу 60-х годов было уже хорошо известно, что характер расположения аномалий магнитного поля над материками и океанами резко различен, это еще одно существенное доказательство различия в строении материковой и океанической коры. Если над материками эти аномалии распределены в виде достаточно разнородных и хаотически расположенных пятен, то над океаническими бассейнами они, наоборот, образуют строго упорядоченный полосовидный («зеброидный») рисунок, в котором полосы обычно идут параллельно осевым линиям срединно-океанических хребтов.

В 1963 г. англичане Ф. Вайн и П. Мэтьюз, основываясь на данных палеомагнитных наблюдений о возможности изменения полярности магнитного поля, при котором через неправильные отрезки времени — в несколько сотен тысяч лет — северный и южный магнитные полюсы Земли меняются местами, показали, что упомянутая выше полосовидность аномалий магнитного поля над океанами — еще одно веское доказательство в пользу разрастания их дна. Дело в том, что вещество мантии, извергаясь на поверхность и наращивая базальтом стенки разверзающейся расщелины осевой линии подводного хребта, должно запечатлевать в своих магнитных минералах именно ту ориентировку магнитного поля, которая была на Земле к моменту отложения новых порций базальта. В итоге на склонах срединно-океанических хребтов и образуются полосы аномалий, расположенные в соответствии со знаком своей намагниченности симметрично относительно осевой линии срединно-океанического хребта. Такого рода полосы должны отражать длительность эпох с одноименным расположением магнитных полюсов, а также скорость расширения океанического дна в области подводных хребтов. А именно это и наблюдается в природе.

Новые данные в пользу расширения океанического дна в области срединно-океанических хребтов поступили и со стороны ученых, занятых изучением строения рельефа и осадков дна океанов. Прежде всего они установили, что по мере продвижения в стороны от осевого гребня срединно-океанических хребтов резкость очертаний их склонов существенно сглаживается за счет процессов подводного выветривания скал, а также за счет их перекрытия накоплениями донного ила, толщина которых постоянно возрастает в сторону подножия склонов хребтов. Это ли не доказательство постепенного увеличения возраста склонов хребтов от их гребней к подножиям?

Кроме того (и это особенно важно!), по данным органических остатков, а также по определениям абсолютного возраста илов было неопровержимо установлено, что возраст илов океанического дна непрерывно увеличивается по обе стороны от гребней срединно-океанических хребтов к подводным склонам континентов. И если, например, в районе вершинной поверхности Срединно-Атлантического хребта были обнаружены только современные илы, то по мере продвижения к континентальным склонам Северной и Южной Америки, с одной стороны, и Ев-

ропы и Африки — с другой, возраст донных отложений постепенно возрастал, вплоть до мелового и даже юрского периодов.

Итак, на основании всех этих данных можно было считать доказанным, что дно океана действительно расширяется в области срединно-океанических хребтов. Но тогда, быть может, расширяется и вся наша планета? Такой вопрос становится вполне правомерным, тем более, что и до обнаружения новых данных о строении океанического дна уже существовала гипотеза расширяющейся Земли, имевшая одно время (правда, не очень многочисленных) сторонников как в нашей стране, так и за рубежом (В. Б. Нейман, Ю. В. Чудинов, Л. Эдьед, Р. Фербридж и некоторые другие). Эти исследователи рассуждали так. Если, как это мы уже видели раньше, не только контуры материковых плит (а следовательно, блоков континентальной коры) хорошо совпадают один с другим, но и детали их геологического строения, то не проще ли предположить, что ранее диаметр Земли был значительно меньше, океанов на ней не было и континентальная кора закрывала собой, подобно панцирю, всю поверхность Земли. Затем в силу каких-то причин, быть может, связанных с развитием агрегатного состояния внутреннего вещества планеты или же с более общими космогоническими причинами (например, с предполагаемым П. Дираком уменьшением силы тяжести во Вселенной), Земля стала постепенно расширяться. В таком случае жесткая континентальная кора должна была неизбежно растрескаться на глыбы современных континентов, а по трещинам между ними из мантии должно было выделиться вещество океанической коры и, следовательно, начаться зарождение и развитие океанических впадин. Такого рода гипотеза, хорошо отвечающая большинству изложенных фактов относительно особенностей строения океанического дна и движения материков, на первый взгляд невольно подкупает своим изяществом и простотой. Однако более пристальное рассмотрение показывает, что о значительном расширении Земли с необходимым изменением ее радиуса от первоначального 3500—4000 км до современного, к сожалению (или к счастью?!), говорить не приходится. Убедительная критика этой гипотезы приводилась в трудах известного советского геофизика академика А. В. Магницкого, Ю. М. Шейнмана и других ученых. Остается лишь добавить, что для предполагаемого сторонниками гипотезы полного закрытия поверхности прежней маленькой, как они думают, Земли современными плитами материковой коры эти исследователи вынуждены прибегать за пределами Атлантики к достаточно произвольным их сочленениям. В итоге эти сочленения не только не подтверждаются данными исторической геологии, но и вообще не мыслимы с точки зрения основ самой же гипотезы (например, необходимость больших поворотов таких глыб для более точной подгонки их друг к другу). Кроме полной неясности внутрипланетарных причин расширения Земли, предположения о космогонических (т. е. всеобщих) причинах ее расширения также не убедительны, ибо в таком случае мы должны были бы наблюдать аналогичные явления и на других космических телах, например на Луне. Между тем, как известно, ничего подобного там не наблюдается.

Но если земной шар не испытывал за всю историю своего существования сколько-нибудь значительных изменений объема, то тогда, есте-

ственно, возникает другой вопрос. Раз расширение океанической коры в области срединно-океанических хребтов следует, по-видимому, полагать твердо установленным фактом, то куда же тогда исчезают постоянно нарастающие избытки этой коры? И вот здесь-то мы, наконец, подходим к изложению основных идей новой глобальной тектоники, сформулированной достаточно четко американскими учеными к началу 1968 г.

Прежде всего эта гипотеза основывается на представлении о трехслойном строении периферических частей Земли, в котором на первый план выступают не коренные различия в строении и составе океанической и континентальной коры, а различия еще более существенные и общие — прочностные. При этом под термином «прочность» понимается способность вещества оказывать достаточно продолжительное сопротивление на растягивающие напряжения ограниченной величины. Таким образом, в периферических частях нашей планеты выделяются: литосфера, астеносфера и мезосфера. С указанных позиций литосферой называют твердую земную оболочку, состоящую из земной коры (подчеркиваем: без ее подразделения на континентальный и океанический типы) и надастеносферной части мантии, общая толщина литосферы принимается равной 50—100 км. Под литосферой находится астеносфера, обладающая, как уже отмечалось, более подвижным пластичным состоянием своего вещества благодаря царящей в этом месте высокой температуре (напомним, что вязкость вещества астеносферы не менее чем на несколько порядков ниже вязкости покрывающего и подстилающего ее слоев). Толщина астеносферы, как мы уже говорили, меняется в пределах 100—350 км. В остальной части мантии Земли, называемой мезосферой, вещество, очевидно, снова обладает достаточно высокой прочностью, сопоставимой с прочностью литосферы.

По мысли авторов излагаемой гипотезы, в силу относительно более высокой плотности надастеносферных частей мантии (литосферы) по сравнению с более разогретым и, следовательно, менее плотным веществом астеносферы возникает гравитационная нестабильность (более плотное вещество над менее плотным), вследствие которой обширные и относительно тонкие пластины литосферы начинают горизонтально соскальзывать по астеносфере, погружаясь в нее своими краевыми частями в местах особо ослабленных зон на поверхности Земли. Такими зонами, по мнению авторов гипотезы, являются островные дуги или некоторые дугообразные складчатые структуры, расположенные в краевых частях материков.

Напомним, что островными дугами называют специфические образования глобального рельефа, развитые преимущественно в западных окраинах Атлантического и особенно западных и северных окраинах Тихого океанов (Алеутская островная дуга и др.). В общем виде островные дуги представляют собой дугообразные в плане цепи вулканических островов, окаймленные с выпуклой океанической стороны длинными глубоководными желобами — своеобразными вмятинами на поверхности океанической коры, развитыми параллельно самой дуге. О происхождении этих во многом еще достаточно загадочных образований земного рельефа написано много работ, в которых отразились и отражаются самые различные точки зрения. Так, например, ряд ученых предполагают,

что на линиях островных дуг по особым пологим сколам литосферы материки (в частности Азия) надвигаются на океаны, подминая под себя океаническую кору.

Однако авторы гипотезы новой глобальной тектоники уверены как раз в противоположном: под островными дугами океанические части литосферы сами соскальзывают в разогретые и размягченные глубины планеты. Именно таким образом в недрах Земли исчезают те избытки площадей океанической коры, которые зарождаются на осях срединно-океанических хребтов. Авторы гипотезы рисуют грандиозную картину современной тектонической жизни Земли: «В главных зонах тектонической активности (океанических хребтах, островных дугах или им подобных структурных и крупных сдвигах) литосфера не непрерывна, во всех же других местах она непрерывна. Следовательно, литосфера состоит из относительно тонких блоков (некоторые из них огромных размеров), которые в первом приближении могут рассматриваться как бесконечные жесткие в горизонтальном направлении. Крупные тектонические структуры являются результатом относительного движения и взаимодействия этих блоков, которые расходятся на рифтах срединно-океанических хребтов, скользят друг относительно друга вдоль больших сдвиговых нарушений и поддвигаются в недра Земли на островных дугах и аналогичных структурах. В. Моган и К. Ле Пишон в общих чертах с упехом показали, что такое движение самоупорядочено в глобальном масштабе и что конкретные движения поддвигов согласуются с распределением скоростей разрастания океанического дна, определенным по магнитным аномалиям в океане, и с ориентировкой зон океанических разломов. Д. Мак-Кензи и Р. Паркер использовали концепцию мобильной литосферы для объяснения механизмов землетрясений, вулканизма и других тектонических структур в северной части Тихого океана».[17]

В заключение остается лишь несколько развить приведенную цитату из статьи В. Айзекса, Д. Ж. Оливера и Л. Сайкса. На основании распределения поясов современных землетрясений и вулканизма авторы гипотезы выделяют шесть основных подвижных пластин литосферы, делая при этом оговорку, что при более детальном изучении этой проблемы их, по-видимому, можно будет выделить и значительно больше. Необходимо добавить, что в пользу возможности существования таких подвижных жестких пластин литосферы, допускающих не только однонаправленные вековые горизонтальные смещения, но также и малоамплитудную раскачку относительно друг друга, недавно высказался пулковский астроном Н. Н. Павлов. Занимаясь обработкой многолетних данных служб времени различных астрономических обсерваторий мира, он опубликовал в «Известиях Главной астрономической обсерватории в Пулкове» (№ 183 за 1968 г.) большую статью, в которой указывает на то, что континентальные блоки материкового полушария Земли могут испытывать в течение года, на основании обнаруженных им изменений долгот, горизонтальные колебания относительно друг друга в пределах десятка метров.

---

[17] Айзекс Б., Оливер Дж., Сайкс Л. Сейсмология и новая глобальная тектоника. — В кн.: Новая глобальная тектоника. М., 1974, с. 134, 135.

Предложенная американскими учеными гипотеза новой глобальной тектоники хорошо объясняет и пространственную связь различных по глубине очагов землетрясений с двумя основными типами современных активных поясов океанической коры — подводными хребтами и островными дугами. Так, на срединно-океанических хребтах, где происходит постепенное растяжение литосферы, в силу чего она имеет наименьшую толщину, все наблюдаемые в этом месте землетрясения обладают глубиной очага не более 20 км. На срединно-океанических хребтах никогда не отмечалось так называемых глубокофокусных землетрясений с глубинами очагов 300—700 км, сопутствующих только островным дугам, где, по мнению авторов гипотезы новой глобальной тектоники, их генерируют опускающиеся на большие глубины пластины жесткой и относительно более холодной литосферы. Поддвигаясь под островные дуги и разламываясь на изгибах, эти пластины литосферы порождают здесь также целые серии других типов землетрясений с более мелкими очагами, вплоть до самых приповерхностных зон Земли. Упомянутые пластины являются, очевидно, источниками тех гравитационных аномалий, которые обычно всегда бывают сопряжены с островными дугами, а соскребываемый при указанном поддвиге с их поверхности осадочный материал, перерабатываясь в астеносфере, вероятно, дает затем начало андезитовым лавам, обычно сопутствующим вулканам островных дуг.

Основываясь на хорошем соответствии приведенных и других многочисленных данных из сейсмологии, геомагнетизма, морской геологии, геохимии, гравиметрии, а также различных отраслей геологии суши с основными идеями гипотезы новой глобальной тектоники, ее авторы весьма оптимистически приписывают своей гипотезе начало новой эры в науках о Земле.

Возможно, это и так, тем более что основные идеи этой гипотезы увлеченно разрабатывались на протяжении последнего десятилетия многими известными и авторитетными геологами и геофизиками, среди которых, кроме вышеупомянутых, необходимо назвать крупного канадского геофизика Дж. Тузо Вильсона, также немало сделавшего для развития идей возможных значительных горизонтальных смещений крупных блоков земной коры.

В СССР концепция новой глобальной тектоники (плейттектоники) нашла своих горячих приверженцев в лице членов-корреспондентов АН СССР А. П. Лисицына, В. Е. Хаина и А. С. Монина, а также Л. П. Зоненшайна, О. Г. Сорохтина, С. А. Ушакова, А. М. Карасика и ряда других геологов и геофизиков.

Все они сейчас либо активно поддерживают, либо же энергично разрабатывают различные аспекты тектоники плит, или плейттектоники. Более того, по ряду важных проблем они пошли значительно дальше своих зарубежных коллег. К сожалению, здесь мы лишены возможности рассмотреть сколько-нибудь подробно научные достижения названных авторитетных исследователей, поскольку такое рассмотрение увело бы нас в сторону от основных задач данной статьи. Но заинтересованный читатель сможет и сам ознакомиться с ними по первоисточникам, приведенным в конце этой книги в перечне основных советских публикаций по мобилизму (см. с. 275—277 и особенно книгу: Геофизика океана /

Отв. ред. О. Г. Сорохтин. Т. 2. Геодинамика. М., 1979. 416 с. (Сер. Океанология)). В настоящее время на страницах отечественных научных журналов, не в пример недалекому прошлому, стало появляться все больше статей с мобилистской, а точнее, с неомобилистской тематикой.

Наблюдается, пожалуй, другая крайность: плейттектоника становится модой, и, как всегда бывает с модой, новой гипотезой начинают непомерно увлекаться и применять ее идеи там, где это пока не позволяет фактический материал, забывая подчас о необходимости строгого соблюдения граничных принципов всей концепции мобилизма. В результате, если увлечение плейттектоникой выйдет из-под контроля, может возникнуть опасность новой дискредитации мобилистских идей, но теперь уже не со стороны их врагов, а, как ни странно, со стороны друзей и апологетов нового мобилизма.

В связи с этим необходимо отметить следующее. Принцип мобилизма не вызывает сомнения (и не должен был вызывать!) по одной простой причине — потому, что он наилучшим образом удовлетворяет, образно выражаясь, «принципу совмещения обрывков печатного текста». Суть его сводится к тому, что если еще можно как-то отстаивать возможность случайного хорошего совмещения отдельных обрывков чистой бумаги по их очертаниям (хотя такого рода случайность и весьма мало вероятна), то совпадение обрывков печатного текста случайным быть уже не может, поскольку дополнительным и решающим контролем в данном случае будет содержание самого текста. Это означает, что если мы, найдя обрывки напечатанного текста, смогли успешно совместить их в единое смысловое целое, то значит существовали и силы, которые могли бумагу с этим текстом разорвать и разобщить обрывки. Аналогичные соображения лежат в основе всех реконструкций, применяемых в археологии, палеонтологии и других науках, и деятельности людей, когда речь идет о реставрационных работах. Так, увидев в музее древнюю вазу, склеенную из черепков, или реконструкцию остатков древних организмов, мы не сомневаемся в том, что реставрированная ваза или костяк древнего животного были именно такими, а не иными в прошлом и что когда-то существовали силы, которые их разрушили, а обломки разнесли в разные стороны. В этом заключается элементарная логика смены событий, нарушать которую не дано никому и ничему. Если бы такого рода сомнения могли бы возникать, то на свете не существовало бы ни археологии, ни палеонтологии, ни других наук и искусств, где возникает необходимость в реконструкциях (см. также текст книги А. Вегенера, с. 83).

Разве можно сомневаться в дрейфе материков, если обломки древних суперконтинентов — Северная и Южная Америка, с одной стороны, и Европа и Африка — с другой, хорошо совмещаются один с другим не только по очертаниям плит своей континентальной коры, но также и по структурному рисунку, образуя единые фигуры и морфоструктуры суперконтинентов Лавразии и Гондваны?! Именно на этом главном основополагающем принципе и создавалась А. Вегенером его концепция и именно этот принцип никто из его критиков никогда не смог сколько-нибудь существенно поколебать или опровергнуть. Более того, его старательно пытаются обойти, а если и критикуют, то весьма неубедительно (см. выше). Можно только удивляться, что в истории развития учения

А. Вегенера был период, когда это учение пытались (впрочем, пытаются еще и в наши дни!) сдать в архив. Исходя из только что рассмотренного принципа, когда астеносферы еще не знали, можно было (и нужно было!) предположить, что ее обязательно откроют, так как последствия дрейфа континентов слишком отчетливо были видны на гипсометрических и геологических картах бассейна Атлантического океана, не говоря уже о Красном море. Подобное соображение полностью относится и к несостоятельности современных попыток редуцировать астеносферу и даже полностью отрицать ее наличие под континентами. Все равно ведь придется изобретать какой-то иной слой смазки, чтобы подтвердить реально наблюдаемые в природе последствия континентального дрейфа.

Иногда в отчаянной попытке бросить хоть какую-нибудь тень на концепцию мобилизма критики ее снова и снова хватаются за чисто умозрительную гипотезу возможности пульсации и весьма существенного увеличения объема Земли, проявляя при этом удивительную непоследовательность в строгости подхода к силам, которые порождали бы такой процесс. Если, например, критики мобилизма склонны исключительно сурово относиться к возможности признания тектонического значения реально существующих в природе полюсобежных и иных сил, привлекавшихся А. Вегенером в качестве движущих сил континентального дрейфа, то тут же они готовы допустить весьма легковесное уподобление нашей планеты детскому воздушному шарику с его способностью многократно изменять свой объем. Вместе с тем мы совершенно не знаем тех сил, которые могли бы вызвать процесс пульсации или тем более значительное расширение Земли. Как уже отмечалось выше, попытка привлечь к этому изменение значения космогонической постоянной (гипотетическое само по себе) несостоятельна хотя бы потому, что такой механизм расширения должен был бы иметь общее значение для небесных тел всей Солнечной системы и «работать» также на Луне и всех землеподобных планетах. Но на них-то ничего подобного, например, морфоструктурным особенностям краевой зоны впадины Атлантического океана не наблюдается. Итак, с одной стороны, нежелание согласиться с реальностью (что выглядит особенно странным после последних успехов реологии), а с другой — охотное обращение к явно некорректным построениям.

По-видимому, в настоящее время настала пора начать считаться с существующим положением дел в развитии науки и начать видеть в идеях мобилизма не объект для безудержной и порой некорректной критики, а весьма перспективное направление знания, заслуживающее уважения и творческой поддержки на пути к общей цели всестороннего и более полного познания истории развития нашей планеты.

Проблема соотношения во времени и пространстве континентальной и океанической коры, сформулированная еще в начале нашего века А. Вегенером, несомненно является одной из крупнейших геономических проблем современности. Очевидно, следует согласиться с тем, что в настоящее время намечаются лишь два направления в решении проблемы становления основных геоструктурных особенностей лика нашей планеты — фиксистское и мобилистское.

Фиксистское направление — это допущение возможности переработки в широких масштабах континентальной коры в океаническую — встречает суровую критику прежде всего со стороны геофизиков. Совершенно непонятно, говорят они, за счет каких процессов менее плотное вещество континентальной коры могло погрузиться в условиях гравитационного поля Земли в твердое и значительно более плотное вещество мантии. Попытка объяснить такое погружение избирательным разогревом мантии в течение мезозоя под современными океанами не убедительна хотя бы потому, что в ней одно неизвестное подменяется другим (почему именно в этих местах и под влиянием каких причин произошел предполагаемый радиоактивный разогрев?). И если еще можно со значительной натяжкой представить «океанизацию» небольших блоков континентальной коры, то в масштабах океанов, утверждают геофизики, этот процесс энергетически невозможен прежде всего в отношении гранитно-метаморфического слоя континентальной коры. Совершенно не соответствует гипотезе «океанизации» и содержание аргона в земной атмосфере. Основанные на этом содержании расчеты геофизиков показывают, что континентальная кора, очевидно, никогда не занимала более одной трети поверхности нашей планеты, т. е. никогда существенно не отличалась от современных соотношений поверхности материков и Мирового океана (и это ли не лишний довод в пользу мобилизма?).

Гипотеза океанизации континентальной коры и возникновения океанических впадин только с мезозоя оставляет в стороне вопрос о том, где до этого находились те колоссальные массы воды, которые заполняют сейчас океанические впадины?

Если полагать вслед за «океанизаторами», что вся эта вода поступала из мантии за последние 200—250 млн. лет, то совершенно неясно, почему тогда за предыдущие миллиарды лет, когда на Земле развивались мощнейшие магматические процессы и накопилась основная масса вещества земной коры, ювенильной воды выделялось сравнительно очень и очень мало. Наконец, трудно себе представить, чтобы столь большое поступление ювенильной воды не повлекло за собой существенного изменения химического состава веществ, растворенных в океанической воде, хотя бы в микроэлементах, и не отразилось бы соответственным образом па ходе эволюции животного и растительного мира океана.

Кстати, если уж ставить вопрос об общем балансе океанической воды земного шара, то его лучше всего решать именно с позиций теории А. Вегенера. Дело в том, что если бы Атлантический и Индийский океаны образовались бы за счет погружения на их дно каких-то древних материков (как это полагали до Вегенера и считают еще некоторые современные противники его идей), тогда все материки в мезозойскую эру должны были бы полностью освободиться от вод, заливавших их некогда обширные мелководные (эпиконтинентальные) моря. Эта вода должна была бы схлынуть с материков во вновь возникшие громадные океанические впадины, образовавшиеся благодаря предполагаемым некоторыми исследователями обрушениям частей древних суперконтинентов. Между тем следов такой общепланетарной регрессии в исторической геологии не обнаружено. Следовательно, никакого изменения общего объема океанических впадин, очевидно, не происходило, что и вытекает

из теории А. Вегенера. Образование (раздвижение) Индийского и Атлантического океанов влекло за собой, по Вегенеру, соответственное сокращение площади древнего Тихого или Мирового океанов, некогда окружавших со всех сторон Пангею.

Другое, мобилистское, направление в решении проблемы соотношения континентальной и океанической коры рассмотрено более убедительно А. Вегенером. Критика его гипотезы либо ошибочна, либо тенденциозна, либо полемична. Следовательно, именно мобилистским путем необходимо идти в геологии дальше. Однако это совсем не означает, что у современных мобилистов отсутствуют трудности и нерешенные задачи. Они есть, и немалые.

Прежде всего надо продолжить разработку механизма дрейфа материков, так как то, что предлагается в настоящее время гипотезой плейттектоники, еще далеко от совершенства. Однако это обстоятельство не должно обескураживать исследователей-мобилистов, ибо, если мы все еще недостаточно уверенно представляем себе механизм мобилистских геотектонических процессов, то отнюдь не больше реально известно и о механизме процессов, выдвигаемых с позиций фиксизма. В обоих случаях все основано на целой серии допущений относительно глубинного строения и свойств вещества недр нашей планеты, на необходимости считаться с фактом невозможности моделировать геологическую работу времени и т. п. В результате степень распространенности тех или иных гипотез все еще существенно определяется темпераментом и пропагандистскими возможностями того или иного исследователя. А для объективного развития науки такого подхода явно недостаточно. Не случайно поэтому в нашей стране стали обращать внимание на необходимость создания и развития параллельно существующих серьезных научных школ. Однако сосуществуя, эти школы в геологии должны постоянно помнить о справедливости замечаний В. В. Белоусова: «Назначение каждой гипотезы — указывать направление исследований в течение некоторого времени и затем уступать место новым предположениям, когда ее возможности исчерпаны. Об этом должны знать авторы гипотез. Между тем чаще бывает, что автор той или иной гипотезы всячески цепляется за нее уже после того, как она перестала удовлетворять новым данным».[18] Увы, это так. Людям трудно перестраивать свои позиции в науке; не каждый, конечно, способен последовать столь разумному совету.

Примером, достойным подражания, была жизнь Вегенера. Писатель Л. Кузнецова в своей интересной книге, посвященной жизненному пути замечательного исследователя, писала: «Всю жизнь Вегенер открыто выступал против взглядов, которые считал ошибочными и устарелыми. Даже если дело касалось признанных, не терпящих критики теорий. Поиски, возражения, сомнения как воздух необходимы науке. Уверенность и нетерпимость — ее враги. Они лишают ее притока новых идей и свежих сил. Они заставляют ее топтаться на месте, ведут к застою».[19] С такими словами трудно не согласиться.

---

[18] Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. М., 1962, с. 534.
[19] Кузнецова Л. И. Куда плывут материки. М., 1962, с. 73.

По мнению автора этих строк, можно быть более объективным в теоретических изысканиях по геологии и, особенно, геотектонике, если придерживаться одного важного принципа: проводить изучение и учет различного рода морфометрических характеристик мезо- и макрорельефа, а также структурного плана литосферы, предпринимаемых с обязательным и строгим применением меры и числа. Именно такого рода данные пока все еще представляют собой одно из наиболее объективных отражений геологических процессов, сформировавших кору нашей планеты. И чем скорее мы научимся не рисовать, а строить тектонические карты с полным уважением к точности наших графических построений, тем быстрее и точнее получим очень важные характеристики, столь необходимые для более точных теоретических тектонических построений. Правильно прочитать такие характеристики с реологических позиций — это большая и почетная задача исследователей, которая, быть может, быстрее всего приведет их к успеху всего дела.

Мобилистов иногда упрекают в том, что они не объясняют происхождения двух основных типов земной коры — океанического и континентального. Но это ведь вообще очень трудный вопрос для всех геологов, геофизиков и геохимиков независимо от их принадлежности к лагерю фиксистов или мобилистов. Пожалуй, у мобилистов положение даже несколько легче, поскольку их концепция не претендует на универсальное значение и призвана пока объяснить историю геологических событий только конца фанерозоя. Именно в это время сложились соответствующие условия для дрейфа континентов и в принципе, по-видимому, существовало подразделение земной коры на два типа: суперконтинент Пангея (объединяющий в себе Лавразию и Гондвану) и Мировой (праТихий) океан. Однако чтобы объяснить, как в деталях шло формирование коры Атлантического и Индийского океанов, мобилистам безусловно предстоит еще немало потрудиться. Это относится и к сторонникам новомодной плейттектоники, хотя, быть может, последние и полагают, что эту задачу они в принципе уже решили.

Предстоит еще немало сделать для того, чтобы уточнить в деталях соотношение механизма дрейфа с развитием геосинклиналей и колебательных движений земной коры, особенно для Лавразии, уточнить соотношение конвекции вещества мантии с различными проявлениями ротационных сил Земли (процессами горизонтальной ползучести вещества литосферы — геофлюкцией, планетарной трещиноватостью и т. п.).

Став на позиции мобилизма и создав соответствующие реконструкции Гондваны и Лавразии, надо смелее приступать к составлению целой серии палеогеографических, палеозоологических, палеотектонических, металлогенических и иных карт для этих суперконтинентов в достаточно крупном масштабе. Можно не сомневаться в том, что такого рода карты не только окажут серьезную услугу в развитии соответствующих разделов науки, но будут также способствовать и дальнейшему совершенствованию идей мобилизма. В частности, такие карты дадут возможность лучше познать историю геологического развития Антарктиды и, как указывал еще Дю Тойт, лучше познать закономерности размещения на ней полезных ископаемых.

Необходимо также продолжить исследование проблемы: движутся ли

достаточно ощутимо континенты в настоящее время и, если движутся, то куда точно и с какой, опять-таки точно, скоростью. К сожалению, эта важная проблема до сих пор все еще не получила своего однозначного решения, несмотря на возможность применения для этой цели спутниковой геодезии.

Что касается, например, автора этих строк, то он полагает дрейф континентов лишь эпизодом в общем развитии нашей планеты, вероятно, свойственным максимум фанерозою. Дрейф развивался лишь тогда, когда к тому создавались подходящие геономические условия: разогрев мантии под внутренними областями крупных материков и возникновение соответствующих конвекционных потоков в веществе мантии по схеме Пиккериса.

Мы, очевидно, погрешим против истины, если предположим, что идеи новой глобальной тектоники во всем бесспорны и мы, наконец-то, имеем дело с хорошо разработанной теорией. Так, среди трудных вопросов рассмотренной гипотезы остаются практически полностью неисследованными соотношения между жесткими литосферными пластинами и астеносферой, по которой они перемещаются. Сперва гипотеза новой глобальной тектоники предполагала, что процесс разрастания океанического дна начался с мезозоя и протекал в несколько этапов, последний из которых начался около 10 млн. лет тому назад. А что было с океанической корой до мезозоя? Этот трудный вопрос стал разрабатываться неомобилистами лишь в последние годы в работах Брайдена, Смита, Дьюри, Ирвинга и Канасевича. Но, конечно, он все еще далек от своего окончательного решения. Не ясны причины широкого разброса эпицентров землетрясений в Африке и многое другое. Гипотеза новой глобальной тектоники, достаточно хорошо объясняя локализацию и механизм современной сейсмичности Земли, явление расширения океанического дна и некоторые другие факты, полностью обходит вниманием соотношения закономерностей морфоструктур с механизмом распада древних суперконтинентов Гондваны и Лавразии, да и всей Пангеи в целом. А ведь это тоже немаловажная проблема. Именно поэтому-то автору статьи пришлось специально остановиться на таких вопросах и привести выше соответствующие гипотезы.

Можно не сомневаться, что истинная картина мобилистской реконструкции истории развития литосферы была куда сложнее, чем это рисуется каждой из существующих мобилистских гипотез в отдельности. Скорее всего, будущая мобилистская теория впитает наиболее рациональные мысли, заложенные в современных противоборствующих тектонических гипотезах, и в первую очередь в мобилистских. Вероятно, к такому синтезу следует приступить уже сейчас, взяв за основу идеи взаимодействия сил конвекции вещества мантии, фазовости природы ее разделов, учета ротационных и других сил нашей планеты.

Итак, у мобилистов вполне достаточно своих задач, нерешенных вопросов и проблем. Им предстоит пройти большой и трудный путь, чтобы довести концепцию мобилизма до рамок совершенной, хорошо разработанной теории. Для того чтобы разрешить все эти задачи и проблемы, мобилистам необходимо энергично работать и неуклонно идти вперед, постоянно учась этому у главного основоположника всей концепции, Ко-

перника геологии и несомненно талантливого естествоиспытателя — Альфреда Лотара Вегенера. Прошло уже более ста лет со дня рождения этого выдающегося исследователя, а его мысли о возможности больших горизонтальных перемещений континентальных плит безусловно выдержали проверку временем. Лучшее доказательство тому — не только плодотворно развиваемые в трудах многих исследователей в нашей стране и за рубежом мобилистские идеи в виде гипотезы тектоники плит, но и широко отмеченное мировой научной общественностью 100-летие со дня рождения А. Вегенера.

В СССР в честь знаменательной даты Московское общество испытателей природы и геологический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова 17 и 24 ноября 1980 года провели специальную юбилейную научную сессию. С докладами, посвященными различным сторонам жизни и деятельности А. Вегенера, а также современному состоянию мобилистских идей на этой сессии выступили члены-корреспонденты АН СССР М. В. Муратов, Е. Е. Милановский, В. Е. Хаин, П. Н. Кропоткин, В. В. Белоусов, профессора П. С. Воронов и С. А. Ушаков, доктора геолого-минералогических наук С. В. Мейен, В. А. Вахрамеев, Л. П. Зоненшайн и доктор физико-математических наук О. Г. Сорохтин.

В Берлине с 11 по 14 ноября 1980 г. проходила 27-я ежегодная сессия Общества геологических наук ГДР, посвященная этой же дате. Сессия проводилась на базе Музея немецкой истории и Берлинской городской библиотеки. На четырех секциях были заслушаны тридцать докладов, посвященных судьбе идей А. Вегенера. Авторами докладов были ученые ГДР, СССР, НРБ, ВНР и ЧССР.

В Западном Берлине с 25 по 29 февраля 1980 г. в честь А. Вегенера была проведена большая научная сессия, на которой с докладами выступили геологи, геофизики, океанографы и другие специалисты в области наук о Земле. Эти доклады были опубликованы в журнале Geologische Rundschau, 1981, Bd 70, H. 1, S. 1—304 и H. 2, S. 385—805. В 66 статьях обстоятельно рассмотрены различные аспекты геологии и сопредельных с ней наук применительно к идеям мобилизма, которые в свое время с такой убежденностью выдвигал и отстаивал А. Вегенер.[20]

Как видим, и в наши дни, по прошествии почти 70 лет со дня опубликования основных положений гипотезы А. Вегенера, его учение так же неподвластно времени, как и все по-настоящему крупные и значительные научные истины. Более того, несмотря на жестокие удары, которые это учение временами испытывало, его основные положения год от года развиваются в трудах современных неомобилистов и поборников гипотезы тектоники плит.

Таким образом, блистательно подтверждается отмеченный выше принцип mobilis in mobile, который одним из первых применительно к геологии сформулировал Альфред Вегенер.

---

[20] Данные о научных сессиях в ГДР и Западном Берлине были по просьбе автора любезно подготовлены и переданы ему В. З. Махлиным.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ СОВЕТСКИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ, КАСАЮЩИЕСЯ ИДЕЙ МОБИЛИЗМА

(составили *П. С. Воронов, П. Н. Кропоткин*)

Берсенев И. И. Как образовалось Японское море? — Природа, 1972, № 12, с. 52—59.

Борисяк А. А. Происхождение континентов и океанов. — Природа, 1922, № 1—2, с. 13—32.

Вахрамеев В. А. Дрейф материков в свете палеоботанических данных. — В кн.: Проблемы теоретической и региональной тектоники. М., 1971, с. 254—261.

Воронов П. С. Об особенностях пространственного соотношения континентальных плит. — Изв. ВГО, 1965, № 1, с. 3—17.

Воронов П. С. Биполярность закономерностей гипсометрии блоков континентальной коры и распад Гондваны. — Изв. ВГО, 1966, № 2, с. 112—129.

Воронов П. С. Антарктида и проблема распада Гондваны. — Бюл. Сов. антаркт. эксп., 1967, № 65, с. 44—57.

Воронов П. С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли. Л., 1968а. 122 с.

Воронов П. С. Дрейф континентов: за и против. Л., 1968б. 31 с.

Воронов П. С. Роль арктического бассейна в развитии структуры Лавразии. — Проблемы Арктики и Антарктики, 1969, № 30, с. 10—18.

Воронов П. С. Две проблемы планетарной геологии. — Зап. ЛГИ, 1979, т. 81, с. 61—68.

Воронов П. С., Храмов А. Н. Мобилистская реконструкция палеогеографии Гондваны. — Изв. ВГО, 1968, № 1, с. 59—63.

Вульф Е. В. Историческая география растений: История флор земного шара. М.; Л., 1944. 545 с.

Геодинамика. М., 1979. 416 с. (Сер. Океанология. Геофизика океана; Т. 2).

Городницкий А. М., Зоненшайн Л. П., Мирлин Е. Г. Реконструкция положения материков в фанерозое (по палеомагнитным и геологическим данным). М., 1978. 170 с.

Грачев А. Ф., Карасик А. М. Разрастание океанического дна и тектоника Евразийского бассейна. — В кн.: Геотектонические предпосылки к поискам полезных ископаемых на шельфах Северного Ледовитого океана. Л., 1974, с. 19—33.

Дрейф континентов / Ред. Г. Н. Петрова. М., 1976. 202 с.

Зоненшайн Л. П., Городницкий А. М. Палеозойские и мезозойские реконструкции континентов и океанов. Статья 1. — Геотектоника, 1977а, № 2, с. 3—23.

Зоненшайн Л. П., Городницкий А. М. Палеозойские и мезозойские реконструкции континентов и океанов. Статья 2. — Геотектоника, 1977б, № 3, с. 3—24.

Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Моралев В. М. Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. М., 1976. 231 с.
Зоненшайн Л. П., Савостин Л. А. Введение в геодинамику. М., 1979. 311 с.
Колотухина С. Е. Структурное положение редкометальных провинций на древних платформах южного полушария. М., 1977. 87 с.
Криштофович А. Н. Ботанико-географическая зональность и этапы развития флоры верхнего палеозоя. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1937, № 3, с. 383—404.
Кропоткин П. Н. Значение палеомагнетизма для стратиграфии и геотектоники. — Бюл. МОИП. Отд. геол., 1958, т. 33, вып. 4, с. 57—86.
Кропоткин П. Н. Палеомагнетизм и его значение для стратиграфии и геотектоники. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1960, № 12, с. 3—25.
Кропоткин П. Н. Палеомагнетизм, палеоклиматы и проблема крупных горизонтальных движений земной коры. — Сов. геол., 1961, № 5, с. 16—31.
Кропоткин П. Н. Плавают ли материки? — Природа, 1962, № 11, с. 84—94.
Кропоткин П. Н. Соотношение поверхностной и глубинной структур и общая характеристика движения земной коры. — В кн.: Строение и развитие земной коры. М., 1964, с. 25—40.
Кропоткин П. Н. Механизм движений земной коры. — Геотектоника, 1967, № 5, с. 25—40.
Кропоткин П. Н. Проблема дрейфа материков (мобилизма). — Изв. АН СССР. Сер. физика Земли, 1969, № 3, с. 3—18.
Кропоткин П. Н. О возрасте и происхождении океанов. — В кн.: История Мирового океана. М., 1971, с. 46—50.
Кропоткин П. Н. Проблемы геодинамики. — В кн.: Тектоника в исследованиях Геологического института АН СССР. М., 1980, с. 176—247.
Кропоткин П. Н., Шахварстова К. А. Геологическое строение Тихоокеанского подвижного пояса. М., 1965. 368 с.
Кузнецова Л. И. Куда плывут материки. М., 1962. 118 с.
Личков Б. Л. Движение материков и климаты прошлого Земли. 2-е изд. М.; Л., 1936. 127 с.
Лобковский Л. И., Сорохтин О. Г. Тектоника литосферных плит и происхождение цунамигенных землетрясений. — Докл. АН СССР, 1980, т. 251, № 5, с. 1092—1095.
Милановский Е. В. Очерк новых идей в области основных проблем геотектоники. — В кн.: Ог Э. Геология. М.; Л., 1938, с. 501—534.
Милановский Е. Е. Альфред Вегенер и его идеи: К 100-летию со дня рождения. — Природа, 1980, № 1, с. 52—66.
Монин А. С. История Земли. Л., 1977. 228 с.
Монин А. С., Сорохтин О. Г. Развитие океанов и геохимическая эволюция континентов. — Вестн. АН СССР, 1983, № 6, с. 99—110.
Пейве А. В. Геология сегодня и завтра. — Природа, 1977, № 6, с. 3—7.
Проблемы глобальной тектоники. М., 1973. 100 с.
Проблемы теоретической геодинамики и тектоника литосферных плит / Отв. ред. О. Г. Сорохтин, С. С. Иванов. М., 1981. 184 с.
Пучков В. Н. Происхождение рифтовых морей. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1964, № 3, с. 52—68.
Пучков В. Н. О проблеме перемещения континентов. — Геотектоника, 1965, № 6, с. 95—110.
Сорохтин О. Г. Глобальная эволюция Земли. М., 1974. 182 с.
Сорохтин О. Г. Теория тектоники литосферных плит и происхождение земной коры. — Изв. высш. учеб. завед. Геология и разведка, 1979, № 5, с. 15—25.
Сорохтин О. Г. Тектоника литосферных плит и происхождение алмазов. — Экспресс-информация. Сер. общ. и регион. геол., 1983, вып. 5, с. 14—20.
Ушаков С. А. Геофизические исследования строения земной коры в Восточной Антарктиде. М., 1963. 96 с.
Ушаков С. А. Строение и развитие Земли. — В кн.: Итоги науки и техники. Сер. физика Земли. М., 1974, т. 1. 270 с.
Ушаков С. А., Галушкин Ю. И. Литосфера Земли (по геофизическим данным). — В кн.: Итоги науки и техники. Сер. физика Земли. М., 1978, т. 3. 224 с.

Ушаков С. А., Галушкин Ю. И. Литосфера Земли (по геофизическим данным). Геофизический анализ палеотектоники литосферы Земли. Т. 3. Физика Земли. М., 1983. 226 с.

Ушаков С. А., Красс М. С. Сила тяжести и вопросы механики недр Земли. М., 1972. 156 с.

Хаин В. Е. Происходит ли научная революция в геологии? — Природа, 1970, № 1, с. 7—19.

Хаин В. Е. Геология на новых рубежах. — Природа, 1973, № 4, с. 68—75.

Хаин В. Е. Идеи неомобилизма и новейшее развитие регионально-тектонических исследований в СССР. — Сов. геология, 1982, № 3.

Харланд У. Б. Проверка фактами теории мобилизма. — Учен. зап. НИИГА. Сер. регион. геол., 1967, вып. 10, с. 52—68.

Kropotkin P. N. Paleomagnetism and Structure of Eurasia. — Ann. Geol. Dep. Aligarh Muslim Univ. Aligarh, 1971a.

Kropotkin P. N. Eurasia as a composite continent. — Tectonophysics, 1971b, vol. 12, N 3, p. 261—266.

Kropotkin Peter. The crustal structure and origin, of the basins of Japan Sea and some other seas of the circum — Pacific Mobile belt. — J. Phys. Earth, 1978, vol. 26. Suppl., p. 527—535.

ТРУДЫ АЛЬФРЕДА ВЕГЕНЕРА

(составил *В. З. Махлин*)

1905

1. Die Alphonsinischen Tafeln. Dis. Berlin.
2. Blitzschlag in einen Drachenaufstieg am Königlichen Aeronautischen Observatorium Lindenberg. — Wetter, Bd 22, S. 165—167.
3. Bericht über Versuche zur astronomischen Ortsbestimmung im bemannten Freiballon. — In: Ergebnisse der Arbeiten des Königl. Preussischen Aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg, Bd 1, S. 120—123.
4. Über die Entwicklung der kosmischen Vorstellungen in der Philosophie. — Math.-Naturwiss. Bl., Bd 4, H. 4, 5. 8 S.

1906

5. Die Erscheinungen der oberen Luftschichten im Januar 1906. — Wetter, Bd 23, S. 37—39.
6. Die Erscheinungen der oberen Luftschichten im Februar 1906. — Wetter, Bd 23, S. 65—66.
7. Astronomische Ortsbestimmungen des Nachts bei der Ballonfahrt vom 5 bis 7 April 1906. — Illust. Aeronaut. Mitt., Bd 10, S. 205—207.
8. Über die Flugbahn des am 4 Januar 1906 in Lindenberg aufgestiegenen Registrierballons. — Beitr. Phys. freien Atmosph., Bd 2, S. 30—34.
9. Studien über Luftwogen. — Beitr. Phys. freien Atmosph., Bd 2, S. 55—72.

1908

10. Mit Mylius-Erichsen in Grönland. — Umschau, Bd 12, S. 1011—1016.
11. Mylius-Erichsens Danmark-Expedition nach Nordost Grönland, 1906—1908. — Math.-Naturwiss. Bl., Bd 6, H. 8—10. 6 S.

1909

12. Die Ergebnisse der Danmark-Expedition. — Gerl. Beitr. Geoph., Bd 10, S. 22—27.
13. Die Drachen- und Fesselballonaufstiege der Danmark-Expedition. — Illustr. Aeronaut. Mitt., Bd 10, H. 15. 6 S.
14. Probleme der Aerologie. — Wetter, Bd 26, H. 11. 15 S.
15. Vorläufiger Bericht über die Drachen- und Ballonaufstiego der Danmark-Expedition nach Nordost-Grönland. — Meteorol. Z., Bd 26, S. 23—24.
16. Zur Entstehung des Cumulus mammatus. — Meteorol. Z., Bd 26, S. 473, 474.

17. Über den v. Bezoldschen Satz von der abkühlenden Wirkung der Erdoberfläche. — Meteorol. Z., Bd 26, S. 496—500.
18. Drachen- und Fesselballonaufstiege. — Medd. Grønland, 42 Danmark Eksped. til Grønlands Nordost-Kyst 1906—1908, Bd 2, S. 5—75.

1910

19. Über die Ableitung von Mittelwerten aus Drachenaufstiegen ungleicher Höhe. — Beitr. Phys. freien Atmosph., Bd 3, S. 13—19.
20. Zur Schichtung der Atmosphäre. — Beitr. Phys. freien Atmosph., Bd 3, S. 30—39.
21. Referat über: Arctowski Henryk. L'Enchainement des Variations Climatiques. — Gerl. Beitr. Geoph., Bd 10, S. 298, 299.
22. Das Profil der Atmosphäre. — Umschau, Bd 14, S. 403—408.
23. Über eine eigentümliche Gesetzmäßigkeit der oberen Inversion. — Beitr. Phys. freien Atmosph., Bd 3, S. 206—214.
24. Über eine neue fundamentale Schichtgrenze der Erd-Atmosphäre. — Beitr. Phys. freien Atmosph., Bd 3, S. 225—232.
25. Die Größe der Wolken-Elemente. — Meteorol. Z., Bd 27, S. 354—361.
26. Über die Eisphase des Wasserdampfes in der Atmosphäre. — Meteorol. Z., Bd 27, S. 451—459.
27. Fortschritte der Aerologie. — Mediz. Klinik, H. 40. 10 S.

1911

28. Untersuchungen über die Natur der obersten Atmosphären-Schichten (Vorläuf. Mitt.). — Sitzber. Ges. Beförd. gesammten Naturwiss. Marburg, H. 1. 23 S.
29. Referat über: R. Wenger. Untersuchungen über die Mechanik und Thermodynamik der freien Atmosphäre im nordatlantischen Passatgebiet. — Petermanns Mitt., Bd 57, H. 1, S. 41.
30. Photographie optischer Erscheinungen vom Ballon aus. — Jahrb. Dtsch. Luftschifferver. 9 S.
31. Untersuchungen über die Natur der obersten Atmosphärenschichten. (Vorläuf. Mitt.). — Sitzber. Ges. Beförd. gesammten Naturwiss., H. 1, S. 13—35.
32. Untersuchungen über die Natur der obersten Atmosphärenschichten. — Phys. Z., Bd 12, S. 170—178, 214—222.
33. Stuchtey K. und Wegener A. Die Albedo der Wolken und der Erde. — Nachr. K. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl., S. 209—235.
34. Die obersten Schichten der Atmosphäre. — Umschau, 1911, Bd 15, S. 403—405.
35. Über den Ursprung der Tromben. — Meteorol. Z., Bd 28, S. 201—209.
36. Die Windverhältnisse in der Stratosphäre. — Meteorol. Z., Bd 28, S. 271—273.
37. Neue Studien über die äußersten Schichten der Atmosphäre. — Chemiker-Ztg, Bd 35, S. 561—562.
38. Untersuchungen über die Natur der obersten Atmosphärenschichten. — Meteorol. Z., Bd 28, S. 420—422.
39. Neuere Forschungen auf dem Gebiet der atmosphärischen Physik. — Fortschr. Naturwiss. Forsch., Bd 3, S. 1—70.
40. Meteorologische Beobachtungen während der Seereise 1906 und 1908. — Medd. Grønland, 42, Danmark-Eksped. til Grønlands Nord-ostkyst 1906—1908, Bd 2, S. 115—123.
41. Meteorologische Terminbeobachtungen am Danmarks-Havn. — Meed. Grønland, 42, Danmark-Eksped. til Grønlands Nord-ostkyst 1906—1908, Bd 2, S. 129—355.
42. Koch J. P. und Wegener A. Die Glaciologischen Beobachtungen der Danmark-Expedition. — Medd. Grønlands Nord-ostkyst 1906—1908, Bd 6. S. 5—77.
43. Thermodynamik der Atmosphäre. Leipzig. 331 S.

1912

44. Über die Ursache der Zerrbilder bei Sonnenuntergängen. — Beitr. Phys. freien Atmosph., Bd 4, S. 26—34.
45. Über Temperaturinversionen. — Beitr. Phys. freien Atmosph., Bd 4, S. 55—65.
46. Nachtrag zu den «Studien über Luftwogen». — Beitr. Phys. freien Atmosp., Bd 4, S. 23—25.
47. Referat über Vincent E. Sur la marche des minima barométriques dans la région polaire arctique du mois de sept. 1882 au mois d'aout 1883. — Petermanns Mitt., Bd 58. 52 S.
48. Die Erforschung der obersten Atmosphärenschichten. — Gerl. Beitr. Geoph., Bd 11, S. 104—124.
49. Über turbulente Bewegungen in der Atmosphäre. — Meteorol. Z., Bd 29, S. 49—59.
50. Die Erforschung der obersten Atmosphärenschichten. — Z. anorgan. Chem., Bd 75, S. 107—131.
51. Die Entstehung der Kontinente. — Petermanns Mitt., Bd 58/1, S. 185—195, 253—256, 305—309.
52. Barometer. — In: Handwörterbuch der Naturwiss., Bd 1, S. 828—839.
53. Luftdruck. — In: Handwörterbuch der Naturwiss., Bd 6, S. 465—471.
54. Die Entstehung der Kontinente. — Geol. Rundschau, Bd 3, S. 276—292.
55. Die Erforschung der obersten Schichten der Erd-Atmosphäre. — Himmel und Erde, 1911/12, Bd 24, S. 289—310.
56. Die Dänische Expedition nach Königin Louises Land und die Durchquerung Nordgrönlands 1912—1913. — Gerl. Beitr. Geoph., Bd 12, S. 43—45.
57. Koch J. P. Die Dänische Expedition nach Königin-Luise-Land und quer über das nordgrönländische Inlandeis 1912/13, unter Leitung von Hauptmann J. P. Koch. Die Reise durch Island 1912 / Übersetzt von A. Wegener. — Petermanns Mitt., Bd 58/2, S. 185—189.

1914

58. Durch Grönlands Eiswüste. — Himmel und Erde, 1913/14, Bd 26, S. 453—511.
59. Durch Grönlands Schneewüste. — Umschau, Bd 18, S. 203—208.
60. Vorläufiger Bericht über die wissenschaftlichen Ergebnisse der Expedition. — Z. Geselsch. Erdkunde. Berlin, S. 17—21.
61. Beobachtungen über atmosphärische Polarisation auf der Dänischen Grönland-Expedition unter Hauptmann Koch. — Sitzber. Ges. Beförd. gesamten Naturwiss. Marburg, S. 7—18.
62. Staubwirbel auf Island. — Meteorol. Z., Bd 31, S. 199—200.
63. Brand W. und Wegener A. Meteorologische Beobachtungen der Station Pustervig. — Medd. Grønland, 42, Danmark-Eksped. til Grønlands Nord-ostkyst 1906—1908, Bd 2, S. 451—562.

1915

64. Neuere Forschungen auf dem Gebiet der Meteorologie und Geophysik. — Ann. Hydrogr., Bd 43, S. 159—168.
65. Zur Frage der atmosphärischen Mondgezeiten. — Meteorol. Z., Bd 32, S. 253—258.
66. Vervielfältigung des Schales. — Meteorol. Z., Bd 32. 406 S.
67. Verschwisterte und vergesellschaftete Halos. — Meteorol. Z., Bd 32, S. 550—551.
68. Über den Farbenwechsel der Meteore. — Wetter, Sonderheft. 5 S.
69. Über den Farbenwechsel der Meteore. — Sirius, Bd 48, S. 145—149.
70. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. — Sammlung Vieweg, H. 23. 94 S.

1916

71. Windhose im Mürztal vom 11 Mai 1910. — Wetter, 1916, Bd 33, S. 91—92.
72. Äußere Hörbarkeits — Zone und Wasserstoff-Sphäre. — Meteorol. Z., Bd 33, S. 523, 524.

1917

73. Referat über Neuhaus E. Die Wolken in Form, Färbung und Lage als lokale Wetterprognose. — Geogr. Z., Bd 23, S. 46, 47.
74. Referat über Exner F. M. Dynamische Meteorologie. — Ann. Hydrogr., Bd 45, S. 307—309.
75. Die Neben-Sonnen unter dem Horizont. — Meteorol. Z., Bd 34, S. 295—298.
76. Das detonierende Meteor vom 3 April 1916, 3 1/2 Uhr nachmittags in Kurhessen. — Schrift. Ges. Beförd. gesamten Naturwiss. Marburg, Bd 14, S. 1—83.
77. Wind- und Wasserhosen in Europa. — Sammlung Wiss. Braunschweig, Bd 60. 301 S.

1918

78. Über die planmäßige Auffindung des Meteoriten von Treysa. — Astron. Nachr., Bd 207, S. 185—190.
79. Einige Hauptzüge aus der Natur der Tromben. — Meteorol. Z., Bd 35, S. 245—249.
80. Haareis auf morschem Holz. — Naturwiss., Bd 6, S. 598—601.
81. Elementare Theorie der atmosphärischen Spiegelungen. — Ann. Phys., Bd 4, H. 57, S. 203—230.
82. Der Farbenwechsel gloßer Meteore. — Nova Acta, Abhandl. Kaiserl. Leop. Carol. Dtsch. Akad. Naturforsch., Bd 104, S. 1—34.

1919

83. 1. Über Luftwiderstand bei Meteoren. 2. Versuche zur Aufsturz: Theorie der Mondkrater. — Sitzber. Ges. gesamten Naturwiss. Marburg, S. 4—10.
84. Referat über Koch J. P. Nordgrönlands Trift nach Westen. — Astron. Nachr., Bd 208, S. 270—276.
85. Klimatische Windkarten. — Meteorol. Z., Bd 36, S. 53—55.
86. Kleintromben auf See. — Ann. Hydrogr., Bd 47, S. 281—283.
87. Deutsche Ausgabe von Koch J. P. Durch die weiße Wüste. — In: Die Dänische Forschungsreise quer durch Nordgrönland 1912/13. Berlin. 247 S.

1920

88. Frostübersättigung und Cirren. — Meteorol. Z., Bd 37, S. 8—12.
89. Turbulenz und Kolloidstruktur der Atmosphäre. — Meteorol. Z., Bd 37, S. 231—232.
90. Über Cirruswolken. — Meteorol. Z., Bd 37, S. 347.
91. Versuche zur Aufsturz — Theorie der Mondkrater. — Nova Acta, Abhandl. Kaiserl. Leop. Carol. Dtsch. Akad. Naturforsch., Bd 106, S. 109—117.
92. Die Aufsturzhypothese der Mondkrater. — Sirius, Bd 53, S. 189—194.
93. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 2. Aufl. — Sammlung Wiss., Braunschweig, Bd 66. 135 S.

1921

94. Die Theorie der Kontinentalverschiebungen. — Z. Ges. Erdkunde, Berlin, S. 89—103.
95. Die Theorie der Kontinentalverschiebungen. — Verhandl. 20. Dtsch. Geographentag, Bd 20, S. 133—137.
96. Sind die Zyklonen Helmholtzsche Luft wogen? — Meteorol. Z., Bd 38, S. 300—302.
97. Die Entstehung der Mondkrater. — Naturwiss., Bd 9, S. 592—594.
98. Das Antlitz des Mondes. — Umschau, Bd 25, S. 556—560.
99. Wandernde Kontinente. — Reclams Universum, 1920/21, Bd 37, S. 475—746.
100. Schlußwort in den «Erörterungen zu A. Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebungen». — Z. Ges. Erdkunde, S. 125—130.
101. Die Entstehung der Mondkrater. — Sammlung Wiss., Braunschweig, Bd 55. 48 S.

1922

102. Die Klimate der Vorzeit. — Dtsch. Revue, Bd 47, S. 34—44.
103. Het onstaan van de Kraters op de Maan. — Wetenschappelijke Bladen, Bd 2, S. 10—17.

104. Kuhlbrodt E. und Wegener A. Pilotballonaufstiege auf einer Fahrt nach Mexiko, März bis Juni 1922. — Arch. Dtsch. Seewarte, Bd 30, H. 4, S. 1—46.
105. The Origin of Continents and Oceans. — Discovery, Bd 3, S. 114—118.
106. Über die Rolle der Inversionen in den Zyklonen. — Beitr. Phys. freien Atmosph., S. 47—52.
107. Referat über Philippson A. Grundzüge der allgemeinen Geographie. — Ann. Hydrogr., Bd 50, S. 27, 28.
108. Aerologische Flugzeugaufstiege der Deutschen Seewarte im Jahre 1921. — Ann. Hydrogr., Bd 50, S. 113—120.
109. Kuhlbrodt E. und Wegener A. Der Spiegeltheodolit für Pilot- und freie Registrierballon-Aufstiege auf See. — Ann. Hydrogr., Bd 50, S. 241—244.
110. Mond- und Welten-Entstehung. — Über Land und Meer, 1921/1922, Bd 64, S. 364. 365, 388, 389.
111. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 3. Aufl. — Sammlung Wiss., Braunschweig, Bd 66. 144 S.

1923

112. Kontinentforskydnings — Theorien og des Betydning for de systematiske og de eksakte Naturvidenskaber. — Naturens Verden, Bd 7, S. 193—217.
113. Het ontstaan van de Vastelanden en van de Oceanen. — Wetenschappelijke Bladen, Bd 2, S. 278—294.
114. Tre Foredrag Holdte i Danmarks Naturvidenskabelige Samfund 1922. 1. Kontinenternes Forskydning. 2. Jordskorpens Natur. 3. Fortidens Klimater. — Danmarks Naturvidenskabelige Sumfund. 26 S.
115. Das Wesen der Baumgrenze. — Meteorol. Z., Bd 40, S. 371, 372.
116. Referat über Brand W. Der Kugelblitz. — Meteorol. Z., Bd 40, S. 381, 382.
117. Referat über Jensen P. F. Ekspeditionen til Vestgrönland Sommeren 1922. — Naturwiss., Bd 11, S. 982, 983.

1924

118. Referat über Eckardt W. R. Grundzüge einer Physioklimatologie der Festländer. — Naturwiss., Bd 12. 211 S.
119. Luftdruck und Mittelwasser am Danmark-Havn. — Ann. Hydrogr., Bd 52, S. 32—38.
120. Das Stehenbleiben der Registrieruhren in der Kälte. — Beitr. Phys. freien Atmosph., Bd 11, S. 113—116.
121. Köppen W. und Wegener A. Die Klimate der geologischen Vorzeit. — Umschau, Bd 28, S. 745—748.
122. Die Theorie der Kontinentenverschiebung, ihr gegenwärtiger Stand und ihre Bedeutung für die exakten und systematischen Geowissenschaften. — Naturwiss. Monatsh., Bd 5, S. 142—153.
123. Köppen W. und Wegener A. Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin. 256 S.
124. Thermodynamik der Atmosphäre. 2. Aufl. Leipzig. 331 S.

1925

125. Die äußere Hörbarkeitszone und ihre periodische Verlagerung im Jahreslauf. — Meteorol. Z., Bd 42, S. 261—266.
126. Die Temperatur der obersten Atmosphären-Schichten. — Meteorol. Z., Bd 42. S. 402—405.
127. Alfred Merz. — Meteorol. Z., Bd 42, S. 439, 440.
128. Theorie der Haupthalos. — Arch. Dtsch. Seewarte, Bd 43, H. 2, S. 1—32.
129. Die äußere Hörbarkeitszone. — Z. Geoph., /1924/25, Bd 1, S. 297—314.

1926

130. Referat über Exner Felix M. Dynamische Meteorologie. — Naturwiss., Bd 14, S. 775, 776.
131. Die prognostische Bedeutung der Luftspiegelung nach oben. — Ann. Hydrogr., Köppenh., S. 93—95.

132. Referat über Nansen F. Zur Frage der Klimaänderung in historischer Zeit in Nordeuropa und Grönland. — Z. Gletscherkunde, Bd 14, S. 241—245.
133. Referat über Gutenberg B. Lehrbuch der Geophysik, Lieferung 1. — Geogr., Z., Bd 32, S. 489—492.
134. Zusatz zu Lindemann F. A. und Dobson G. M. B. Die Temperatur der obersten Atmosphärenschichten. — Meteorol. Z., Bd 43, S. 103, 104.
135. Messungen der Sonnenstrahlung am Sanatorium Stolzalpe. — Meteorol. Z., Bd 43, S. 104—106.
136. Referat über Meyer Rudolf. Halo-Erschienungen. — Meteorol. Z., Bd 43, S. 190—194.
137. Photographien von Luftspiegelungen an der Alpenkette. — Meteorol. Z., Bd 43, S. 207—209.
138. Beobachtungen der Dämmerungsbögen und des Zodiakallichtes in Grönland. — Sitzber. Akad. Wissensch. Wien, Bd 135, S. 323—332.
139. Nansen nochmals über Klimaänderung in historischer und postglazialer Zeit. — Z. Gletscherkunde, 1926/27, Bd 15, S. 60—62.
140. Ergebnisse der dynamischen Meteorologie. — Ergebn. exakt. Naturwiss., Bd 5, S. 96—124.
141. Paläogeographische Darstellung der Theorie der Kontinentalverschiebungen. — In: Enzyklopädie der Erdkunde. Leipzig; Wien, S. 174—189.
142. Geiger H. und Scheel K. Thermodynamik der Atmosphäre. — In: Handb. Phys., Berlin, Bd 11, S. 156—189.

1927

143. Theorie der Haupthalos. — Meteorol. Z., Bd 44. 66 S.
144. Anfangs- und Endhöhen großer Meteore. — Meteorol. Z., Bd 44, S. 281—284.
145. Die Geschwindigkeit großer Meteore. — Naturwiss., Bd 15, S. 286—288.
146. Die geophysikalischen Grundlagen der Theorie der Kontinentenverschiebung. — Scientia, Bd 41, S. 102—116.
147. Der Boden des Atlantischen Ozeans. — Geol. Beitr. Geoph., Bd 17, S. 311—321.
148. Referat über Gutenberg B. Grundlagen der Erdbebenkunde. — Geogr. Z., Bd 33, S. 544.
149. Referat über Gutenberg B. Lehrbuch der Geophysik, Lieferung Z. — Geogr. Z., Bd 33, S. 53, 54.
150. Referat über Gutenberg B. Lehrbuch der Geophysik. Lieferung 3. — Geogr. Z., Bd 33, S. 345.
151. Referat über Kreichgauer D. Die Äquatorfrage in der Geologie. — Petermanns Mitt., Bd 73, S. 171.
152. Optik der Atmosphäre. B. Atmosphärische Strahlenbrechung, optische Erscheinungen in den Wolken. — In: Gutenberg B. Lehrbuch der Geophysik. Berlin, S. 693—729.

1928

153. Die Windhose in der Oststeiermark vom 23. September 1927. — Meteorol. Z., Bd 45, S. 41—49.
154. Beiträge zur Mechanik der Tromben und Tornados. — Meteorol. Z., Bd 45, S. 201—214.
155. Kraus E., Meyer R. und Wegener A. Untersuchungen über den Krater von Sall auf Ösel. — Gerl. Beitr. Geoph., Bd 20, S. 312—378 und Nachtr., S. 428, 429.
156. Bemerkungen zu H. v. Iherings Kritik der Theorien der Kontinentverschiebungen und der Polwanderungen. — Z. Geoph., Bd 4, S. 46—48.
157. Two Notes Concerning my Theory of Continental Drift. — In: Gracht W., van der. The Theory of Continental Drift, Tulsa, Oklahoma. Amer. Assoc. Petrol. Geol., p. 97—103.
158. Referat über Gruner P. und Kleinert. Die Dämmerungserscheinungen. — Gerl. Beitr. Geoph., Bd 19, S. 335—337.
159. Referat über Staub R. Der Bewegungsmechanismus der Erde. — Naturwiss., Bd 16, S. 497.
160. Referat über Gutenberg B. Lehrbuch der Geophysik. Lieferung 4. — Geogr. Z., Bd 34, S. 112, 113.

161. Akustik der Atmosphäre. — In: Müller-Pouillet. Lehrbuch d. Physik. Braunschweig, S. 171—198.
162. Optik der Atmosphäre. — In: Müller-Pouillet. Lehrbuch d. Physik. Braunschweig, S. 199—289.
163. Koch J. P. und Wegener A. Wissenschaftliche Ergebnisse der Dänischen Expedition nach Dronning Louisesland und quer über das Inlandeis von Nordgrönland 1912/13 / Unter Leitung von Hauptmann Koch J. P. — Medd. Grønland, 75. København. 676 S.
164. Thermodynamik der Atmosphäre. 3. Aufl. Leipzig. 331 S.

1929

165. Letzmann J. und Wegener A. Ein Versuch zur Trombenerklärung. — Gerl. Beitr. Geoph., Bd 22, S. 138—140.
166. Denkschrift über Inlandeisexpedition nach Grönland. — Dtsch. Forsch., H. 2, S. 1—24.
167. Letzman J. und Wegener A. Die Druckerniedrigung in Tromben. — Meteorol. Z., Bd 47, S. 165—169.
168. Deutsche Inlandeisexpedition nach Grönland. Sommer 1929. — Z. Ges. Erdkunde, Berlin, S. 81—124.
169. Mit Motorboot und Schlitten in Grönland. Bielefeld; Leipzig. 192 S.
170. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 4. Aufl. — Sammlung Wiss., Braunschweig, Bd 66. 231 S.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

От составителей 5

Альфред Вегенер. **Происхождение континентов и океанов** (перевод *П. Г. Каминского, В. З. Махлина*) 7

Приложения

Комментарии к книге А. Вегенера (*П. Н. Кропоткин*) 212

К истории развития идей А. Вегенера (*П. С. Воронов*) 239

Основные публикации советских исследователей, касающиеся идей мобилизма (составили *П. С. Воронов, П. Н. Кропоткин*) 275

Труды Альфреда Вегенера (составил *В. З. Махлин*) 278

Альфред Вегенер

ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОНТИНЕНТОВ И ОКЕАНОВ

Утверждено к печати Редакционной коллегией серии «Классики науки»

Редакторы издательства Е. М. Пенова, Е. А. Семенова
Художник А. К. Тимошевский
Технический редактор Н. А. Кругликова
Корректоры Л. М. Егорова, Э. Н. Липпа и С. И. Семиглазова

ИБ № 20967

Сдано в набор 14.06.84. Подписано к печати 15.10.84. Формат $70 \times 90^1/_{16}$. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура обыкновенная. Печать высокая. Усл. печ. л. 21.06. Усл. кр.-отт. 22.23. Уч.-изд. л. 22.38. Тираж 5750. Тип. зак. 1634. Цена 1 р. 80 к.

Издательство «Наука». Ленинградское отделение.
199164, Ленинград, В-164, Менделеевская лин., 1

Ордена Трудового Красного Знамени Первая типография издательства «Наука»
199034, Ленинград, В-34, 9 линия, 12

**КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «НАУКА»
МОЖНО ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ЗАКАЗАТЬ
В МАГАЗИНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КОНТОРЫ
«АКАДЕМКНИГА»
В МЕСТНЫХ МАГАЗИНАХ КНИГОТОРГОВ
ИЛИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ.**

*Для получения книг почтой
заказы просим направлять по адресу:*

117192 Москва, Мичуринский пр., 12, магазин «Книга — почтой»
Центральной конторы «Академкнига»;
197345 Ленинград, Петрозаводская ул., 7, магазин «Книга — почтой»
Северо-Западной конторы «Академкнига»
или в ближайший магазин «Академкнига»,
имеющий отдел «Книга — почтой»:

480091 Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97 («Книга — почтой»);
370005 Баку, ул. Джапаридзе, 13 («Книга — почтой»);
232600 Вильнюс, ул. Университето, 4;
690088 Владивосток, Океанский пр., 140;
320093 Днепропетровск, пр. Гагарина, 24 («Книга — почтой»);
734001 Душанбе, пр. Ленина, 95 («Книга — почтой»);
375002 Ереван, ул. Туманяна, 31;
664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 289 («Книга — почтой»);
420043 Казань, ул. Достоевского, 53;
252030 Киев, ул. Ленина, 42;
252142 Киев, пр. Вернадского, 79;
252030 Кисв, ул. Пирогова, 2;
252030 Киев, ул. Пирогова, 4 («Книга — почтой»);
277012 Кишинев, пр. Ленина, 148 («Книга — почтой»);
343900 Краматорск Донецкой обл., ул. Марата, 1 («Книга — почтой»);
660049 Красноярск, пр. Мира, 84;
443002 Куйбышев, пр. Ленина, 2 («Книга — почтой»);
191104 Ленинград, Литейный пр., 57;
199164 Ленинград, Таможенный пер., 2;
199004 Ленинград, 9 линия, 16;
220012 Минск, Ленинский пр., 72 («Книга — почтой»);
103009 Москва, ул. Горького, 19а;
117312 Москва, ул. Вавилова, 55/7;
630076 Новосибирск, Красный пр., 51;
630090 Новосибирск, Академгородок, Морской пр., 22 («Книга — почтой»);

142284 Протвино Московской обл., «Академкнига»;
142292 Пущино Московской обл., МР «В», 1;
620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137 («Книга — почтой»);
700029 Ташкент, ул. Ленина, 73;
700100 Ташкент, ул. Шота Руставели, 43;
700187 Ташкент, ул. Дружбы народов, 6 («Книга — почтой»);
634050 Томск, наб. реки Ушайки, 18;
450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10 («Книга — почтой»);
450025 Уфа, Коммунистическая, 49;
720001 Фрунзе, бульв. Дзержинского, 42 («Книга — почтой»);
310078 Харьков, ул. Чернышевского, 87 («Книга — почтой»).

Вегенер • ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОНТИНЕНТОВ И ОКЕАНОВ



Альфред Вегенер

ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОНТИНЕНТОВ И ОКЕАНОВ